This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

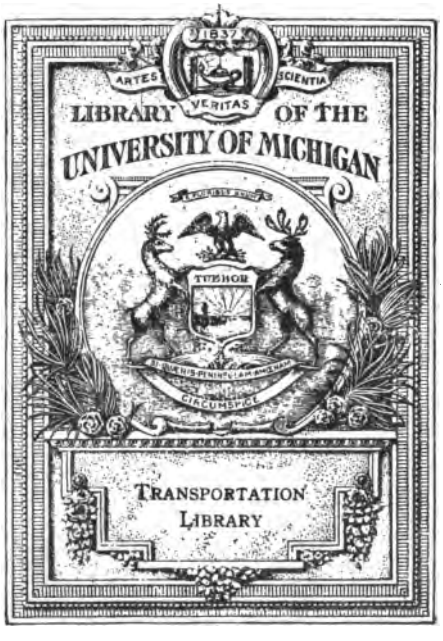
+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

TRANSPORTATION
LIBRARY
TJ
464
.G965
A 753,822


1837
ARTES
SCIENTIA
VERITAS
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
TRANSPORTATION
LIBRARY

Einfache und leichtverständliche

Anleitung zur Berechnung

der

Kraft der Dampfmaschinen.

Vom

Grafen G. de Pambour,

Verfasser der neuen Theorie der Dampfmaschine und des theoretisch-praktischen Handbuches über Dampfwagen, korrespondirenden Mitgliede der Königl. Akademie der Wissenschaften in Berlin, ꝛc.

Deutsch

von

Dr. C. H. Schnuse.

Braunschweig, 1846.

Verlag von G. C. E. Meyer sen.

(43)

Beim Verleger dieses Werkes sind nachstehende wissenschaftlich verwandte Werke erschienen und durch alle Buchhandlungen zu erhalten:

Biot, J. B. Elementarlehrbuch der Statik. Zum Gebrauch für Gewerbschulen, höhere Bürgerschulen und Gymnasien. Deutsch herausgegeben von Dr. C. H. Schnuse. 1846.

Cauchy, A. L. Vorlesungen über die Differenzialrechnung, mit Fourier's Auflösungsmethode der bestimmten Gleichungen verbunden. Aus dem Franz. übersetzt von Dr. C. H. Schnuse. Mit 1 Steindrucktafel (in gr. 4) Lex.-8. 1836. geh. 2 Thlr.

— — Nachträge zu dessen Werke: Vorlesungen über die Differenzialrechnung. Deutsch herausgegeben von Dr. C. H. Schnuse. Lex.-8. 1846.

— — Vorlesungen über die Anwendungen der Infinitesimalrechnung auf die Geometrie. Deutsch bearbeitet von Dr. C. H. Schnuse. Lex.-8. 1840. geh. 2⅔ Thlr.

— — Nachträge zu dessen Werke: Vorlesungen über die Infinitesimalrechnung. Deutsch herausgeg. von Dr. C. H. Schnuse. Lex.-8. 1846.

— — Vorlesungen über die Integralrechnung. Bearbeitet von Moigno. Deutsch herausg. von Dr. C. H. Schnuse. Lex.-8. 1846. geh. n. 3⅓ Thlr.

Coriolis, G. Lehrbuch der Mechanik fester Körper und der Berechnung des Effektes der Maschinen. Deutsch herausgeg. von Dr. C. H. Schnuse. Mit 2 Figurentafeln. 1846.

Duchemin, Colonel. Experimentalunterſuchungen über die Gesetze des Widerstandes der Flüssigkeiten. Deutsch herausgeg. von Dr. C. H. Schnuse. Mit 4 Figurentafeln. gr. 8. 1844. geh. 1½ Thlr.

Jacobs, Professor, Dr. Ausführliches Lehr- und Uebungsbuch der Anfangsgründe der ebenen analytischen Geometrie, oder der Anwendung der Algebra auf die Geometrie in der Ebene. Für Gymnasien, höhere Bürger- und Gewerbschulen bearb. Mit 7 Figurentaf. gr 8. 1846. geh. n. 1⅔ Thlr.

Lahmeyer, J. W. Erfahrungsresultate über die Bewegung des Wassers in Flußbetten und Kanälen. gr. 8. 1845. geh. 1⅓ Thlr.

Migout und Bergery. Theoretisch-praktische Anleitung zur Berechnung der gebräuchlichsten Maschinen. Für Berg- und Hüttenleute, Architekten, Artilleristen, Maschinenbauer und Techniker überhaupt. Deutsch herausgegeben von Dr. C. H. Schnuse und W. Kornhardt. Mit 6 Figurentafeln. Lex.-8. 1845. geh. n. 2⅔ Thlr.

Pambour, Graf, P. M. G. de. Theoretisch-praktisches Handbuch über Dampfwagen, enthaltend die Construction der Locomotiven und ihre Anwendungsart zur Fortschaffung der Lasten, die Berechnungsart der Geschwindigkeiten, mit welchen sie bestimmte Ladungen fortbewegen, und der Vortheile, welche sie unter allen Umständen gewähren können, die Angabe der Bedingungen, welche bei ihrer Construction zur Erlangung bestimmter Effekte erfüllt werden müssen, Untersuchungen, welche sich auf eine große Anzahl in England angestellter Versuche stützen. Nach der 2ten, sehr vermehrten und verbesserten Original-Auflage deutsch bearbeitet von Dr. C. H. Schnuse. Mit 5 Figurentafeln in qu. ½ Fol. Lex.-8. 1841. geh. 2¾ Thlr.

Einfache und leichtverständliche

Anleitung zur Berechnung

der

Kraft der Dampfmaschinen.

Von

Grafen G. de Pambour,

Verfasser der neuen Theorie der Dampfmaschine und des theoretisch-praktischen Handbuches über Dampfwagen, korrespondirenden Mitgliede der Königl. Akademie der Wissenschaften in Berlin, ꝛc.

Deutsch

von

Dr. C. H. Schnuse.

Braunschweig 1846.

Verlag von G. C. E. Meyer sen.

Transportation
Library

TJ
464
.G965

1-24-36

Vorwort des Ueberſetzers.

Der Zweck des vorliegenden Werkchens iſt: denjenigen, welche ſich auf ein umfaſſenderes Studium der Dampfmaſchinenlehre nicht einlaſſen wollen, oder können, eine kurze und leichtfaßliche methodiſche Anleitung zur Berechnung der Kraft der Dampfmaſchinen in die Hände zu geben, worauf ſie ſich beim Kauf, oder Verkauf der Dampfmaſchinen, oder deren ſonſtigen Beurtheilung hinſichtlich ihrer Kraft mit Sicherheit verlaſſen können. —

Inhalt.

Seite

Vorbemerkungen 1

I. Gewöhnliche Berechnungsmethode 3

II. Neue richtige Berechnungsmethode 18

III. Dieselbe Berechnungsmethode für Expansionsmaschinen 25

IV. Anwendungen 30

Berechnung
der
Kraft der Dampfmaschinen.

Die Dampfmaschinen werden im Handel zu festen Preisen verkauft, unter der Bedingung, daß sie eine gewisse Kraft haben, welche durch die Anzahl der Pferde ausgedrückt wird, die denselben Effekt hervorbringen.

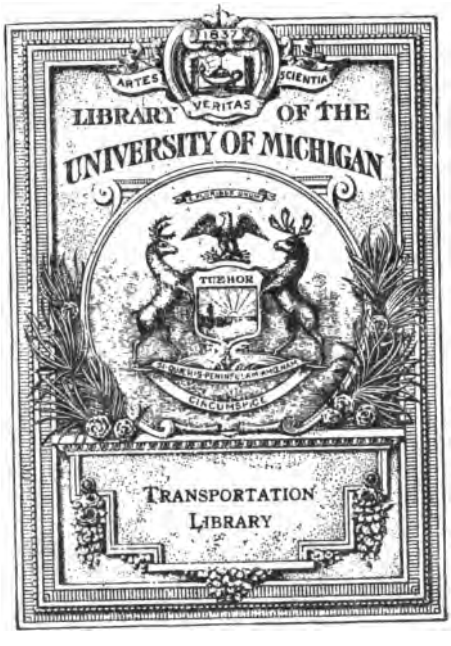
Sehr oft wird auch noch die Bedingung hinzugefügt, daß sie eine gewisse Quantität Brennmaterial für eine Pferdekraft konsumiren, und man überzeugt sich alsdann, durch unmittelbares Probiren der zusammengesetzten Maschine, ob sie diese Bedingungen erfüllt, worauf ihr Preis und ihre Kraft in Pferdekräften bestimmt wird. Wir werden aber bald sehen, daß dieses Probiren der Dampfmaschinen ganz bedeutungslos und unrichtig ist, so daß viele Käufer zum Beispiel Dampfmaschinen von 100 Pferdekräften zu haben glauben, während diese Maschinen in der That nur 70 oder 80 Pferdekräfte haben, und ebenso meinen, daß sie für eine Pferdekraft nur eine gewisse Quantität Steinkohlen gebrauchen, während sie in der Wirklichkeit die doppelte Quantität verbrennen. Ebenso verkauft man oft Dampfschiffe, welche einr Kraft von 200 Pferden haben sollen, aber in der Wirklichkeit nue eine Kraft von 150 Pferden und darunter haben. Da diese Fehler von den unrichtigen Grundlagen der Rechnung, vermittelst welcher man die Kraft der Dampfmaschinen bestimmt, herrühren, so werden sie gewöhnlich von den Verfertigern dieser Maschinen, so wie von den Käufern derselben nicht bemerkt, und es entspringen daraus eine Menge von Nachtheilen, welchen nothwendig ein

Ende gemacht werden muß. Es ist daher der Zweck der gegenwärtigen Schrift: 1) den in Rede stehenden Fehler nachzuweisen und die Ursachen desselben anzugeben, 2) zu zeigen, wie man diesen Fehler bei der Berechnung der Stärke der Dampfmaschinen durch eine neue, auf richtigen Grundlagen beruhende Rechnung vermeiden kann, und endlich 3) durch praktische Anwendungen darzuthun, daß zur Berechnung der Kraft der Dampfmaschinen nach dieser richtigen Methode durchaus weiter nichts, als die Kenntniß der einfachsten arithmetischen Rechnungen erfordert wird, und daß diese neue richtige Berechnungsmethode ebenso einfach ist, als die gewöhnliche unrichtige Methode.

I. Gewöhnliche Berechnungsmethode.

Unter der Kraft einer Dampfmaschine versteht man den in Pferdekräften ausgedrückten Effekt, welchen dieselbe unter den vortheilhaftesten Bedingungen ihrer Arbeit auf eine regelmäßige und fortdauernde Weise hervorbringen kann, und wonach, wie schon bemerkt, der Preis derselben bestimmt wird. Aber da das, was man in der Industrie eine Pferdekraft nennt, nämlich die Hebung von 33000 Pfund auf 1 Fuß engl. Maaß, oder von 4500 Kilogramm auf 1 Meter franz. Maaß in der Minute, ein Effekt und keine Kraft ist, so würde es weit richtiger sein, wenn man sagte: eine Dampfmaschine habe einen Effekt einer bestimmten Anzahl von Pferden, statt daß man sagt: sie habe eine bestimmte Anzahl von Pferdekräften. Um uns also klarer und bestimmter auszudrücken, wollen wir den Effekt, welchen eine Dampfmaschine unter den vortheilhaftesten Bedingungen ihrer Arbeit fortwährend und regelmäßig hervorbringen kann und die eigentliche Leistung derselben ausdrückt, ihren dynamometrischen Effekt nennen.

Ferner kann man unter dem Effekte einer Dampfmaschine ihren Bruttoeffekt, oder ihren Nutzeffekt verstehen, und man muß daher auch in dieser Beziehung eine Unterscheidung machen. Der Bruttoeffekt einer Dampfmaschine ist ihr Gesammteffekt ohne Abzug der Reibungen, welche nothwendig einen Theil ihrer Leistung konsumiren. Man nennt diesen Bruttoeffekt auch wohl den theoretischen Effekt der Maschine, weil sie denselben hervorbringen würde, wenn sie eine theoretische oder ideelle Vollkommenheit hätte und keine Reibungen in ihr statt fänden. Der Nutzeffekt der Maschine ist dagegen das, was von ihrem Bruttoeffekte übrig bleibt, wenn man von diesem die durch die Reibun-


1837
ARTES
SCIENTIA
VERITAS
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
TUEBHON
CIRCUMSPICE
TRANSPORTATION
LIBRARY

Einfache und leichtverständliche

Anleitung zur Berechnung

der

Kraft der Dampfmaschinen.

Vom

Grafen G. de Pambour,

Verfasser der neuen Theorie der Dampfmaschine und des theoretisch-praktischen Handbuches über Dampfwagen, korrespondirenden Mitgliede der Königl. Akademie der Wissenschaften in Berlin, ꝛc.

Deutsch

von

Dr. C. H. Schnuse.

Braunschweig, 1846.

Verlag von G. C. E. Meyer sen.

(42)

Druckkräfte bei einem Versuche als einander gleich gefunden werden können, was sich übrigens auf mehrere Arten leicht nach Belieben bewirken läßt, ohne daß man daraus schließen darf, daß diese Gleichheit der beiden Druckkräfte in der probirten Maschine, oder in ähnlichen Maschinen, nothwendig und beständig statt findet.

Ein anderes, ebenso leichtes Mittel zur Nachweisung desselben Faktums besteht darin, daß man das Volumen Wasser bestimmt, welches der Kessel einer Dampfmaschine während ihrer Thätigkeit verdampft und dasselbe mit dem Volumen Dampf vergleicht, welches zu gleicher Zeit von dem Cylinder verbraucht wird.

Aus dem Verhältnisse dieser beiden Volumna ergiebt sich vermittelst der Tafeln für das specifische Volumen des Dampfes, wie groß die Spannkraft des Dampfes während seiner Wirkung im Cylinder war, und man findet alsdann, daß dieselbe von der gleichzeitig in dem Kessel statt findenden Spannkraft merklich verschieden war, und in einem beliebigen Verhältnisse zu derselben stehen kann. Wir wollen nun einige Beispiele hier anführen, welche sich auf Versuche beziehen, die in unserer »Theorie der Dampfmaschinen Kap. I. 5. 7 und 10« ausführlicher erörtert sind.

Wir wollen zunächst die Hochdruckmaschine betrachten, welche zu Brighton zur Vertheilung des Wassers angewandt wird, und einen Cylinder von 16 Zoll engl. Maaß im Durchmesser und eine Kolbengeschwindigkeit von 168,33 Fuß in der Minute hat, indem der absolute Druck des Dampfes im Kessel 54,50 Pfund für den Quadratzoll, und die Verdampfung 0,398 Kubikfuß Wasser für die Minute beträgt. Wenn man von dieser letzten Zahl $1/20$ ihres Werthes wegen des freien oder schädlichen Raumes, d. h. wegen der Dampfleitungsröhren und des Raumes des Cylinders, welchen der Kolben nicht durchläuft, aber welche sich beide bei jedem Kolbenzuge mit Dampf füllen, ohne daß derselbe eine Nutzwirkung hervorbringt, abzieht und von dem Reste wieder $1/20$ seines Werthes wegen des Wassers, welches mit dem Dampfe gemischt in tropfbarflüssigem Zustande mit fortgeführt, aber nicht selbst in Dampf verwandelt wird (siehe weiter unten), so bleibt für die wirksame Verdampfung des Kessels 0,359 Kubikfuß Wasser in der

Minute. Aber nach der Größe der Fläche und der Geschwindigkeit des Kolbens beträgt der von demselben in der Minute beschriebene Raum 235 Kubikfuß, welches Volumen also der durch die vorhergehende Verdampfung gebildete Dampf während seiner Wirkung in dem Cylinder einnimmt, und folglich hatte dieser Dampf ein 655 mal größeres Volumen, als das Wasser, woraus er sich gebildet hatte. Mithin betrug nach den bekannten Tafeln für das specifische Volumen des Wasserdampfes der absolute Druck desselben in dem Cylinder nur 41,50 Pfund für den Quadratzoll, während diese Spannkraft in dem Kessel 54,50 Pfund für den Quadratzoll betrug, d. h. der wirksame Druck des Dampfes oder der Ueberschuß desselben über den Druck der Atmosphäre betrug in dem Cylinder 26,71 Pfund für den Quadratzoll, während derselbe in dem Kessel 39,79 Pfund für den Quadratzoll betrug.

Vier Tage später arbeitete dieselbe Dampfmaschine mit einer geringern Last, indem sie nämlich nur 3 statt 6 Pumpen in Bewegung setzte, und nahm eine Geschwindigkeit von 171,9 Fuß in der Minute an, indem der absolute Druck des Dampfes im Kessel 55,13 Pfund für den Quadratzoll uud die Bruttoverdampfung 0,307 Kubikfuß Wasser in der Minute betrug. Hieraus ergiebt sich, wenn man das Volumen des Dampfes mit dem Volumen des wirklich von dem Kessel verdampften Wassers vergleicht, daß der absolute Druck des Dampfes in dem Cylinder nur 30,50 Pfund; aber im Kessel 55,13 Pfund für den Quadratzoll betrug.

Eine Dampfmaschine des Evans'schen Systemes, d. h. eine Hochdruckmaschine mit Expansion, welche in demselben Etablissement angewandt wurde, hat folgendes Resultat gegeben: In einem ersten Falle, wo sie 6 Pumpen in Bewegung setzte, betrug der absolute Druck des Dampfes in dem Kessel 54,71 Pfund, aber in dem Cylinder nur 44,19 Pfund für den Quadratzoll, während in einem zweiten Falle, wo sie nur 3 Pumpen in Bewegung setzte, der absolute Druck des Dampfes im Kessel 55,05 und in dem Cylinder 31,21 Pfund für den Quadratzoll betrug.

In der Watt'schen Dampfmaschine, deren Dimensionen und Effekte wir weiter oben so mitgetheilt haben, wie sie von Watt in Verbindung mit Rennie angegeben sind, und deren Cylinder

einen Durchmeſſer von 34 Zoll hatte, und welche eine Geſchwindigkeit von 386 engl. Fußen in der Minute annahm, betrug der abſolute Druck des Dampfes im Keſſel 16,5 Pfund für den Quadratzoll und die Bruttoverdampfung 0,927 Kubikfuß Waſſer in der Minute, woraus folgt, wenn man wieder das von dem Dampfe erfüllte Volumen mit dem Volumen des Waſſers vergleicht, welches wirklich von dem Keſſel verdampft iſt, daß der abſolute Druck des Dampfes in dem Cylinder nur 11,50, aber im Keſſel 16,50 Pfund für den Quadratzoll betragen hat.

Durch die Zuſammenſtellung dieſer Reſultate erhält man folgende Tafel:

Nähere Bezeichnung der Maſchinen.	Durchmeſſer des Cylinders.	Durchmeſſer des Dampfzulaſſungsventiles.	Abſoluter Druck des Dampfes im Keſſel.	Größter abſoluter Druck des Dampfes im Cylinder während ſeiner Communication mit dem Keſſel.	Verhältniß der beiden Druckkräfte.
	Zoll	Zoll	Pfund für 1 □″	Pfund für 1 □″	
Hochdruckmaſchine zu Brighton	16	4,25	54,50	41,50	0,76
Dieſelbe Maſchine . . .	16	4,25	55,13	30,50	0,55
Maſchine von Ewans zu Brighton	16,5	4,50	54,71	44,19	0,81
Dieſelbe Maſchine . . .	16,5	4,50	55,05	31,21	0,57
Watt'ſche Maſchine der Albions-Mills . . .	34	7	16,50	11,50	0,70

Wir wollen hier weiter keine Beweiſe für den ſehr beträchtlichen und ſehr veränderlichen Unterſchied, welcher bei der regelmäßigen Arbeit der Dampfmaſchine zwiſchen dem Drucke des Dampfes im Keſſel und im Cylinder ſtattfindet, anführen, ſondern verweiſen in dieſer Beziehung auf unſere »Theorie der Dampfmaſchinen«, worin man dieſe Beweiſe mit theoretiſchen

Erörterungen begleitet findet, welche zeigen, daß dieſe Erſcheinung bei den in Thätigkeit befindlichen Dampfmaſchinen ganz natürlich und unvermeidlich iſt, und daß ſich das Verhältniß zwiſchen dem Drucke des Dampfes im Cylinder und im Keſſel nach der Beſchaffenheit der Arbeit der Maſchine ändert, je nach dem die Laſt, die Geſchwindigkeit, die Verdampfung, die Zulaſſungsöffnungen, des Dampfes, die des Centrifugalregulators und die Belaſtung der Sicherheitsventile größer, oder kleiner ſind. Wir wollen blos noch bemerken, daß dieſe Erſcheinung auch in den Cornwall'ſchen Dampfmaſchinen ſtatt findet, worin ſich der Querſchnitt der Zulaſſungsöffnungen des Dampfes von $1/100$ bis $1/50$ des Querſchnittes des Cylinders ändert; ferner in den Watt'ſchen Dampfmaſchinen, worin der Querſchnitt der Zulaſſungsöffnungen $1/25$ von dem des Cylinders beträgt; ferner in den Hochdruckmaſchinen, ſowie in denen des Evans'ſchen Syſtemes, worin die Fläche der Durchgangsöffnungen ſich von $1/15$ bis $1/12$ von der des Querſchnittes des Cylinders ändert, und endlich in den Locomotiven, worin die Größe der Durchgangsöffnungen von $1/12$ bis $1/9$ des Querſchnittes des Cylinders variirt, wie wir in unſerm »theoretiſch-praktiſchen Handbuche über Dampfwagen« an vielen Beiſpielen gezeigt haben. Man muß alſo annehmen, daß die in Rede ſtehende Erſcheinung bei den Dampfmaſchinen aller Syſteme nothwendig ſtatt findet, wie groß oder klein die Durchgangsöffnungen des Dampfes auch ſein mögen, und daß namentlich die urſprüngliche Größe dieſer Oeffnungen gar nicht in Betracht kommen kann, weil die Oeffnung des Zulaſſungsventiles nach Beſchaffenheit der zu verrichtenden Arbeit von dem Maſchiniſten verändert wird, ſowie auch fortwährend durch das Spiel des Centrifugalregulators, ſo daß die Zulaſſungsöffnung des Dampfes nur ausnahmsweiſe in beſondern Fällen ganz offen iſt.

Dieſes vorausgeſetzt, läßt ſich nun leicht zeigen, daß die Berechnung des Bruttoeffektes, oder des Nutzeffektes der Dampfmaſchinen, ſowie die der konſumirten Quantität Brennmaterial nach der gewöhnlichen, weiter oben angegebenen Methode grundfaſch iſt.

Denn da wir eben durch Thatſachen und unmittelbare Beobachtung dargethan haben, daß der Druck des Dampfes in dem Cylinder zuweilen nur die Hälfte, oder ſogar ein Drittel ſeines

Druckes im Keſſel betragen kann, ſo wollen wir eine Hochdruckmaſchine betrachten, worin der abſolute Druck des Dampfes im Keſſel 60 Pfund oder 4 Atmoſphären, und im Cylinder nur 30 Pfund oder 2 Atmoſphären für den Quadratzoll beträgt, was ungefähr bei der Hochdruckmaſchine zu Brighton, wofür die Reſultate in der letzten Tafel angegeben ſind, der Fall iſt.

Ferner wollen wir annehmen, daß bei der gewöhnlichen und regelmäßigen Arbeit der Maſchine 60 Kolbenzüge in der Minute ſtatt finden. Um den Bruttoeffekt dieſer Maſchine zu berechnen, multiplicirt man die Geſchwindigkeit des Kolbens durch den Druck des Dampfes im Keſſel für den Quadratzoll und durch die Größe der Kolbenfläche, wodurch man eine gewiſſe Zahl erhält, welche man als den Geſammteffekt des aus dem Keſſel ſtrömenden Dampfes ausdrückend betrachtet, ſo daß man davon nur noch den Effekt des von der Atmoſphäre herrührenden und auf den Kolben ausgeübten Gegendruckes abzuziehen braucht, um den Nutzeffekt der Maſchine zu erhalten. Nun läßt ſich aber leicht einſehen, daß der nach dieſer Berechnungsart dem Dampfe des Keſſels zugeſchriebene Effekt das Doppelte des wirklichen Effektes deſſelben iſt. Denn wir haben angenommen, daß in der Minute 60 Kolbenzüge ſtatt finden, und daß der Druck des Dampfes im Cylinder 2 Atmoſphären beträgt. Wir haben aber auch geſehen, daß derſelbe Dampf in dem Keſſel eine Spannkraft von 4 Atmoſphären hatte, und folglich hat nach dem Mariotte'ſchen Geſetze ſein Volumen im umgekehrten Verhältniſſe dieſer Druckkräfte abnehmen müſſen. Das Volumen dieſes Dampfes, ſo lange ſich derſelbe in dem Keſſel befunden hat, hat folglich nur das 30 fache Volumen des Cylinders betragen, und wenn derſelbe mit dieſer Spannkraft gewirkt hätte; ſo hätte er den Cylinder in der Minute nicht 60, ſondern nur 30 mal füllen können. Wenn man alſo den Effekt des Dampfes unter der Vorausſetzung berechnet, daß er mit der Spannkraft im Keſſel wirkt, ſo muß man auch die dieſer Spannkraft entſprechende Geſchwindigkeit von 30 Kolbenzügen in der Minute und nicht die Geſchwindigkeit von 60 Kolbenzügen nehmen, welche nur der Spannkraft von 2 Atmoſphären in dem Cylinder entſpricht.

Mit andern Worten, um den von dem Dampfe hervorge-

brachten Effekt zu erhalten, muß man entweder die Spannkraft des Dampfes im Cylinder nehmen, und sie durch die zugehörige beobachtete Geschwindigkeit des Kolbens multipliciren, oder, was dasselbe Resultat giebt, man muß den doppelt so großen Druck des Dampfes im Kessel nehmen, und denselben durch die nur halb so große zugehörige Geschwindigkeit multipliciren. Die gewöhnliche Berechnungsart giebt also für den Effekt des Dampfes ein Resultat, welches das Doppelte des wahren Effektes ist. Uebrigens ist einleuchtend, daß, wenn der Effekt der Dampfmaschine nach der Größe der Verdampfung ihres Kessels berechnet würde, wie es geschehen muß, weil diese Verdampfung die wahre Grundlage der ganzen Rechnung bildet, solche Fehler nicht statt finden können; denn wir werden bald sehen, daß, wenn die Verdampfung in der Minute 60 Cylinder voll Dampf von einer Spannkraft wie die im Cylinder statt findende beträgt, sie nicht dieselbe Anzahl Cylinder voll Dampf von dem im Kessel statt findenden Drucke, welcher weit größer ist als im Cylinder, liefern kann.

Wenn man die vorhergehenden Schlüsse auf die weiter oben erwähnte Watt'sche Dampfmaschine anwendet, worin der Druck des Dampfes im Cylinder nur 11,5, aber im Kessel 16,5 Pfund für den Quadratzoll betrug; so wird der Effekt des aus dem Kessel strömenden Dampfes in dem Verhältnisse von 3: 2 zu groß bestimmt.

Was die gewöhnliche Berechnungsmethode des Nutzeffektes der Maschine anbelangt, so besteht sie darin, daß man zuerst den Bruttoeffekt auf die vorhin angegebene Weise berechnet, und denselben alsdann vermittelst eines Koefficienten in einem konstanten Verhältnisse vermindert, um, wie man sagt, die in der frühern Rechnung unberücksichtigt gelassenen Reibungen und passiven Widerstände in Rechnung zu bringen. Da aber die Zahl, welche den Bruttoeffekt ausdrückt, schon an sich unrichtig ist, und zuweilen das Dreifache, oder Doppelte des wahren Werthes beträgt; so ist klar, daß der begangene Fehler durch einen konstanten Koefficienten nicht berichtigt werden kann, weil man eben so viele verschiedene Koefficienten als Maschinen haben müßte, und sogar bei derselben Maschine so viele verschiedene Koefficienten erfordert würden, als es Ladungen, Geschwindigkeiten, Verdampfungen und Oeffnungen des Zulassungs-

ventiles in jeder Maschine geben kann. Es wird daher wohl nicht nöthig sein, bei diesem Punkte länger zu verweilen.

Jedoch wollen wir bei dieser Gelegenheit eines andern Fehlers erwähnen, welchen man bei dieser gewöhnlichen Berechnungsart des Nutzeffektes der Dampfmaschinen begeht. Man sagt nämlich: daß der Unterschied zwischen dem Drucke des Dampfes im Kessel und im Cylinder durch die Verluste an lebendiger Kraft bei dem Durchgange des Dampfes durch die Leitungsröhren, ꝛc. bewirkt werde. Diese Verluste nimmt man aber blos an, um die Anwendung der Reductionskoefficienten zu rechtfertigen, wodurch in gewissen Fällen, z. B. bei Hochdruckmaschinen, der theoretische Effekt auf die Hälfte reducirt wird, um den Nutzeffekt zu erhalten, so daß folglich der Verlust an Arbeit in der Maschine selbst die Hälfte ihres theoretischen Effektes betragen würde, oder ihrem definitiven Nutzeffekte gleich wäre.

Nach dieser Theorie wäre also die Abnahme des Druckes des Dampfes in dem Cylinder ein Verlust an dem Effekte der Maschine.

Aber jeder weiß, daß, wenn die Spannung des Dampfes abnimmt, sein Volumen fast in demselben Verhältnisse zunimmt. Wenn also die Spannkraft des im Kessel gebildeten Dampfes bei seinem Uebergange in den Cylinder abnimmt, so nimmt sein Volumen fast in demselben Verhältnisse zu, und er kann folglich in derselben Zeit den Cylinder eine größere Anzahl von Malen anfüllen. Die Abnahme der Spannung des Dampfes wird also durch eine verhältnißmäßig größere Geschwindigkeit des Kolbens kompensirt, was wir bei der weiter oben betrachteten Hochdruckmaschine auch bemerkt haben, indem wir sahen, daß das Produkt aus dem Drucke des Dampfes im Cylinder von 2 Atmosphären und der zugehörigen Geschwindigkeit des Kolbens dasselbe Resultat giebt, als das Produkt aus der Spannkraft des Dampfes im Kessel von 4 Atmosphären und der entsprechenden Geschwindigkeit. Die Abnahme der Spannung des Dampfes bei seinem Uebergange in den Cylinder bewirkt also die Verluste nicht, wie sie die gewöhnliche Theorie der Dampfmaschine annimmt.

Im Gegentheil kann man durch Verengung der Durchgangsöffnungen des Dampfes und durch Belastung der Sicherheitsven-

tile den Dampf in dem Keſſel ſich anhäufen und eine weit größere Spannkraft annehmen laſſen, als derſelbe bei ſeiner Wirkung in den Cylinder haben muß, und man erhält auf dieſe Weiſe den Vortheil, daß man die bewegende Kraft gewiſſermaßen in ein kleineres Volumen koncentrirt oder einen größern Vorrath an Kraft in demſelben Behälter bereit hält. Um dieſen Drucküberſchuß im Keſſel zu erhalten, muß man zwar Anfangs während einer gewiſſen Zeit ſich Dampf bilden und in dem Keſſel anhäufen laſſen, ohne denſelben zu verbrauchen. Aber ſo bald dieſes geſchehen iſt, kann man die Maſchine wie gewöhnlich gehen laſſen. Da ſich während der Bewegung der Maſchine der Drucküberſchuß im Keſſel auf demſelben Punkte erhält, ſo iſt dieſes ein Beweis, daß ſich der im Keſſel angehäufte Dampfüberſchuß ebenfalls erhält; denn wenn der Reſervedampf abnähme, ſo müßte der Druck des Dampfes im Keſſel auch abnehmen. Die Maſchine befindet ſich folglich in einem gleichbleibenden Zuſtande, und der im Keſſel fortwährend neugebildete Dampf ſtrömt in den Cylinder über, und wenn die Spannkraft deſſelben in dem Cylinder abnimmt; ſo nimmt ſein Volumen in demſelben Verhältniſſe zu, wodurch die Geſchwindigkeit verhältnißmäßig vergrößert wird. Es findet alſo kein Verluſt in der Maſchine ſtatt, und man erlangt auf dieſe Weiſe den Vortheil, daß die Maſchine im Anfange der Arbeit leichter in Thätigkeit geſetzt wird, und eine gewiſſe Quantität Reſervedampf hat, welcher verhindert, daß ſich die Bewegung verzögert, wenn der Widerſtand der zu verrichtenden Arbeit unregelmäßig iſt.

Man iſt alſo ſehr im Irrthume, wenn man glaubt, daß es vortheilhaft ſei, eine Dampfmaſchine bei ihrem regelmäßigen Dienſte mit demſelben Drucke des Dampfes im Keſſel und im Cylinder arbeiten zu laſſen. Im Gegentheil muß eine Dampfmaſchine, wenn ſie leicht funktioniren ſoll, ihre gewöhnliche Arbeit bei zum Theil verſchloſſenen Zulaſſungsventile und bei einem Drucküberſchuſſe im Keſſel verrichten können. Denn wenn während ihrer Arbeit der zu überwindende Widerſtand zufällig größer wird, ſo kann wegen der größern Spannung des Dampfes im Keſſel derſelbe alsdann mit einer hinreichenden Spannkraft in den Cylinder treten, um den größer gewordenen Widerſtand überwinden zu

können, und dieses kann wegen des in dem Kessel angehäuften Reservedampfes während einer gewissen Zeit fortdauern, ohne daß die Geschwindigkeit der Maschine verzögert wird. Hierzu wird blos erfordert, daß der Centrifugalregulator das Zulassungsventil etwas mehr öffnet, was offenbar nicht geschehen könnte, wenn es schon ganz geöffnet wäre, wie es diejenigen wollen, welche in dem Kessel und Cylinder denselben Druck herzustellen suchen. Auch läßt jeder erfahrene Maschinist seine Maschine mit dem möglichst größten Drucke des Dampfes im Kessel und bei so viel als möglich verschlossenem Dampfzulassungsventile arbeiten, und man findet daher auch immer bei in Thätigkeit befindlichen Dampfmaschinen, daß der Druck des Dampfes im Kessel den im Cylinder mehr oder weniger übertrifft, jenachdem es die Konstruktion der Maschine und die Last, welche sie bewegen muß, gestattet, oder der Maschinist es für nöthig hält. Eine Dampfmaschine ihre gewöhnliche Arbeit bei ganz offenen Zulassungsventile und bei gleichem Drucke des Dampfes im Kessel und im Cylinder verrichten lassen zu wollen, ist ganz dasselbe, als wenn man ein Fuhrwerk durch ein Pferd ziehen lassen wollte, welches eben nur die Kraft hat, dasselbe auf horizontaler Straße fortziehen zu können, und bei der geringsten Steigung des Weges stehen bleiben müßte, weil es keinen Kraftüberschuß hat, welcher hinreichend ist, die Zunahme des Widerstandes zu überwinden.

Wir müssen jedoch hier bemerken, daß die weiter oben erwähnte genaue Kompensation zwischen der Abnahme des Druckes und der Zunahme des Volumens des Dampfes nur insofern statt findet, als man das Mariotte'sche Gesetz für den Dampf gelten läßt, oder annimmt, daß die Temperatur desselben bei der Abnahme seiner Spannung und der gleichzeitigen Zunahme seines Volumens ungeändert bleibt. Da aber nach dem Watt'schen Gesetze auch die Temperatur des Dampfes mit seiner Spannkraft zugleich abnimmt, so nimmt sein Volumen nicht ganz in demselben Verhältnisse zu, in welchem die Spannkraft abnimmt, und es entspringt hieraus folglich für die Maschine ein gewisser Verlust an Effekt; aber da derselbe nur gering und in unserer »Theorie der Dampfmaschine« in Rechnung gebracht ist, so wollen wir uns hier dabei nicht aufhalten.

Hinzufügen wollen wir jedoch noch, daß die vorhergehenden Schlüsse auch auf Expansionsmaschinen anwendbar sind. Wir wollen uns eine solche Maschine denken, worin die Expansion des Dampfes in der Mitte des Kolbenlaufes anfängt, und der größte Druck des Dampfes, oder der vor der Expansion statt findende, in dem Cylinder 2 und in dem Kessel 4 Atmosphären beträgt, was ungefähr bei der Evans'schen Maschine zu Brighton, deren Effekte in der letzten Tafel angegeben sind, statt findet. Wenn man in diesem Falle annimmt, daß in der Minute 60 Kolbenzüge statt finden, und der halbe Cylinder mit Dampf angefüllt wird, welcher vor der Expansion eine Spannkraft von 2 Atmosphären hat; so ist klar, daß die Verdampfung des Kessels 60 halbe Cylinder voll Dampf von einer Spannung von 2 Atmosphären beträgt; und folglich kann diese Verdampfung, wenn man annimmt, daß der Dampf nicht mit einer Spannung von 2, sondern von 4 Atmosphären in den Cylinder tritt, nur 30, statt 60 halbe Cylinder voll Dampf geben. Wenn man also den mittlern Druck des sich auf das doppelte Volumen ausdehnenden Dampfes bestimmt, so muß man den zugehörigen Effekt 60 mal nehmen, wenn man annimmt, daß der Dampf mit einer Spannkraft von 2 Atmosphären in den Cylinder tritt, welche in Folge der Expansion auf 1 Atmosphäre herabsinkt, wogegen man diesen Effekt nur 30 mal nehmen darf, wenn man annimmt, daß der Dampf mit einer Spannung von 4 Atmosphären in den Cylinder tritt, welche durch die Expansion bis auf 2 Atmosphären abnimmt. Man erhält also in beiden Fällen wieder dasselbe Resultat, und wenn man die Rechnung gehörig anstellt, so hat man niemals nöthig, einen Reduktionskoefficienten anzuwenden.

II. Neue richtige Berechnungsmethode.

Nachdem wir so die Unrichtigkeit der gewöhnlichen Bestimmungsmethode des dynamometrischen Brutto- oder Nutzeffektes der Dampfmaschinen nachgewiesen haben, wollen wir nun die dafür zu substituirende richtige Berechnungsmethode kurz auseinander setzen; aber zuvor eine wichtige Bemerkung machen.

Nach dem weiter oben Gesagten ist der dynamometrische Effekt einer Dampfmaschine der Ausdruck des Effektes in Pferdekräften, welchen sie unter den vortheilhaftesten Bedingungen ihrer Arbeit fortdauernd hervorbringen kann, d. h. der Ausdruck des **größten Effektes** in Pferdekräften, welchen diese Maschine anhaltend hervorbringen kann. Dieser größte Effekt einer Dampfmaschine ist in der That der einzige, welcher als ein absolutes Maß ihrer Kraft betrachtet werden kann, weil alle übrigen Effekte derselben, welche desto kleiner sind, je schwächer das Feuer, oder je größer die Geschwindigkeit, oder je kleiner die Last, &c. ist, veränderlich sind. Wir werden daher in den Folgenden immer den **größten** Effekt der Dampfmaschinen als das genaue Maß ihres dynamometrischen Effektes betrachten.

Es ist bereits früher bemerkt worden, daß der Fehler der gewöhnlichen Berechnungsmethode daher rührt, daß ihr die **Verdampfung des Kessels** nicht zum Grunde gelegt ist, und wir wollen daher durch Einführung dieses unerläßlichen Elementes, welches die alleinige Quelle des ganzen hervorgebrachten Effektes ist, zu der richtigen Auflösung der in Rede stehenden Aufgabe zu gelangen suchen. Uebrigens wollen wir bemerken, daß unsere Theorie auf keine Weise von der Gleichheit, oder Ungleichheit des Druckes des Dampfes im Kessel und im Cylinder abhängt, so daß sie auf die Maschinen gleich anwendbar ist, worin

der eine, oder der andere Fall ſtatt findet, und blos um die Unrichtigkeit der gewöhnlichen Berechnungsmethode zu zeigen, haben wir nachgewieſen, daß zwiſchen dieſen beiden Spannkräften gewöhnlich ein merklicher Unterſchied ſtatt findet.

Wir wollen zunächſt eine Dampfmaſchine ohne Expanſion betrachten, d. h. eine ſolche, wo der Dampf während des ganzen Kolbenlaufes in den Cylinder überſtrömt, wie in den doppeltwirkenden Watt'ſchen Dampfmaſchinen und in den eigentlichen Hochdruckmaſchinen. In einer ſolchen Maſchine bezeichne:

a. die Fläche des innern Querſchnittes des Cylinders in engl. Quadratfußen oder in frz. Quadratmetern;

l. die Länge des Kolbenlaufes in Fußen oder Metern;

S. das in Kubikfußen oder in Kubikmetern ausgedrückte Volumen des Waſſers, welches der Keſſel in der Minute verdampfen kann;

P. den abſoluten Druck des Dampfes im Keſſel, in Pfunden für den Quadratfuß oder in Kilogrammen für das Quadratmeter;

p. den auf dieſelbe Weiſe ausgedrückten und auf die entgegengeſetzte Kolbenfläche wirkenden Gegendruck des nicht kondenſirten Dampfes.

Endlich wollen wir annehmen, daß dieſe Maſchine eine in Fußen oder Metern ausgedrückte Geſchwindigkeit v für die Minute habe, und daß der im Cylinder ſtatt findende unbekannte abſolute Druck des Dampfes durch $\tilde{\omega}$ bezeichnet werde.

Der Dampf bildet ſich zuerſt im Keſſel unter dem Drucke P, und das ſpecifiſche Volumen des unter einem beſtimmten Drucke gebildeten Dampfes wird durch die Tafel I gegeben. Wenn alſo q dieſes ſpecifiſche Volumen oder das Verhältniß des Volumens des unter dem Drucke P gebildeten Dampfes zu dem Volumen des Waſſers, woraus er ſich gebildet hat, bezeichnet; ſo iſt klar, daß das Volumen des unter dem Drucke P in der Minute im Keſſel gebildeten Dampfes durch qS ausgedrückt wird, und dieſer Dampf nimmt in dem Cylinder, nach der Vorausſetzung eine Spannkraft $\tilde{\omega}$ an. Wenn man nun der Einfachheit wegen annimmt, daß der Dampf bei ſeinem Uebergange in den Cylinder ſeine Temperatur nicht ändert, oder das Mariotte'ſche Geſetz

befolgt, so ändert sich sein Volumen im umgekehrten Verhältnisse der Spannkräfte, d. h. wenn der Dampf einmal in den Cylinder übergegangen ist, so wird sein Volumen ausgedrückt durch:

$$qS\frac{P}{\varpi}.$$

Wenn dieses Volumen bekannt wäre, und man dividirte dasselbe durch den innern Rauminhalt des Cylinders, nämlich durch al, so erhielte man die Anzahl der in der Minute statt findenden Kolbenläufe gleich:

$$\frac{qSP}{al\varpi}.$$

Da aber v die Geschwindigkeit der Maschine oder den Raum, welchen der Kolben in der Minute durchläuft, bezeichnet, so ist klar, daß, wenn man diesen Raum durch die Länge l des Kolbenlaufes dividirt, der Quotient $\frac{v}{l}$ ebenfalls die Anzahl der in der Minute statt findenden Kolbenzüge ausdrückt. Setzt man also diesen letzten Ausdruck dem vorhergehenden gleich, so erhält man die Gleichung:

$$\frac{v}{l}=\frac{qSP}{al\varpi},$$

woraus sich der unbekannte Druck ϖ im Cylinder ergiebt, nämlich:

$$\varpi=\frac{qSP}{av}.$$

Um nun den ganzen Druck zu erhalten, welchen der Dampf auf die Kolbenfläche ausübt, muß man offenbar diese Fläche durch den auf die Flächeneinheit wirkenden Druck ϖ multipliciren, und um hieraus den in der Minute hervorgebrachten Effekt zu erhalten, muß man dieses Produkt noch durch den Raum, welchen der Kolben in der Minute durchläuft, oder durch die Geschwindigkeit v multipliciren. Der von dem Dampfe in der Minute hervorgebrachte Gesammteffekt ist folglich gleich:

$$a\varpi v=qSP,$$

und um daraus den Bruttoeffekt der Maschine abzuleiten, braucht

man davon nur die durch den Gegendruck des nicht kondenſirten Dampfes, welcher auf die entgegengeſetzte Kolbenfläche wirkt, abſorbirte Arbeit abzuziehen. Da wir aber dieſen Gegendruck für die Flächeneinheit mit p bezeichnet haben, ſo beträgt derſelbe für die ganze Kolbenfläche ap, und die entſprechende Arbeit iſt gleich apv. Der Bruttoeffekt der Maſchine bei einer gegebenen Geſchindigkeit v iſt folglich gleich:

$$qSP - apv.$$

Wie man ſieht, beſteht dieſer Ausdruck aus zwei Gliedern, wovon das erſte qSP unveränderlich iſt, und das zweite apv ſich allein mit der Geſchwindigkeit v der Maſchine ändert. Hieraus folgt alſo zunächſt, daß der Effekt der Maſchine am größten iſt, wenn die Geſchwindigkeit v derſelben ſo klein als möglich iſt. Dieſe Geſchwindigkeit hat aber offenbar ihren kleinſten Werth, wenn der Dampf im Cylinder eben denſelben Druck, wie im Keſſel hat; denn wenn dieſes nicht der Fall iſt, ſo kann der Druck im Cylinder nur kleiner ſein, wie im Keſſel, was ein größeres Volumen des Dampfes, und folglich eine größere Geſchwindigkeit des Kolbens zur Folge hat. Die Maſchine bringt alſo ihren größten Effekt hervor, wenn der Dampf in dem Cylinder denſelben Druck hat, wie im Keſſel; aber man ſieht leicht ein, daß dieſes nicht daher kommt, weil der Dampf alsdann an und für ſich eine größere Wirkung ausübt, da das Glied qSP, welches dieſe Wirkung ausdrückt, unveränderlich iſt; ſondern blos daher, weil alsdann die Geſchwindigkeit v kleiner iſt, und das Glied apv, welches die durch den Gegendruck abſorbirte Arbeit ausdrückt, ſeinen kleinſten Werth hat. Ebenſo ſieht man leicht ein, daß man die Maſchine, obgleich ſie alsdann ihren größten Effekt hervorbringt, ihre gewöhnliche Arbeit doch nicht unter ſolchen Umſtänden verrichten laſſen kann, weil ſich ihre Geſchwindigkeit bei der geringſten Zunahme des Widerſtandes verzögern und die Maſchine ſogar ganz ſtill ſtehen könnte, und wir haben auch blos den Druck des Dampfes im Keſſel und Cylinder als gleich angenommen, um den größten Effekt der Maſchine genau kennen zu lernen. Ferner haben wir geſehen, daß das Volumen des Dampfes bei dem Drucke im Keſſel durch qS ausgedrückt wird,

und wenn dieser Dampf bei unveränderter Spannung durch den Cylinder geht, so muß er dem Kolben eine Geschwindigkeit ertheilen, welche ausgedrückt wird durch:

$$\frac{qS}{a}.$$

Diese letzte Größe drückt also die kleinste, oder die dem größten Effekte entsprechende Geschwindigkeit der Maschine aus, und wenn man sie statt v in den vorhergehenden Ausdruck setzt; so ergiebt sich daraus der größte Bruttoeffekt der Maschine gleich:

$$qS(P-p). \qquad (3.)$$

Um hieraus endlich den Nutzeffekt der Maschine abzuleiten, braucht man davon nur die durch die Reibung absorbirte Arbeit abzuziehen. Bezeichnet folglich f den Widerstand, welchen diese Reibung gegen den Kolben der Maschine ausübt, und welchen wir ebenfalls in engl. Pfunden für den Quadratfuß, oder in Kilogrammen für das Quadratmeter der Kolbenfläche ausgedrückt annehmen wollen; so wird die durch die Reibung absorbirte Arbeit, wenn die Maschine eine Geschwindigkeit v hat, ausgedrückt durch:

$$avf,$$

und wenn sie mit ihrer kleinsten Geschwindigkeit arbeitet, durch:

$$qSf.$$

Zieht man also die Summe dieser beiden Größen resp. von den obigen Ausdrücken für den Bruttoeffekt der Maschine ab, so erhält man für den noch nicht in Pferdekräften ausgedrückten Nutzeffekt der Maschine bei einer beliebigen Geschwindigkeit v derselben den Ausdruck:

$$qSP-av(p+f),$$

und für den noch nicht in Pferdekräften ausgedrückten größten Nutzeffekt der Maschine den Ausdruck;

$$qS(P-p-f). \qquad (4.)$$

Vermittelst der sehr einfachen Ausdrücke (3) und (4) muß man

folglich den dynamometrischen Brutto- oder Nutzeffekt der Dampfmaschinen berechnen, welche mithin für die bei der gewöhnlichen unrichtigen Berechnungsart angewandten Ausdrücke (1) und (2) substituirt werden müssen.

Bei der Anwendung dieser Ausdrücke sind jedoch mehrere wichtige Bemerkungen zu machen, welche nun zunächst hier folgen sollen. Die erste besteht darin, daß alle in den erwähnten Ausdrücken vorkommenden Größen auf dieselbe Einheit bezogen werden müssen, weil sonst die Rechnung auf ein ganz unrichtiges Resultat führen würde. Wenn also die Geschwindigkeiten in engl. Fußen und die Lasten in engl. Pfunden ausgedrückt werden, so müssen die Spannkräfte oder Widerstände nicht für den Quadratzoll, wie es gewöhnlich in der Praxis geschieht, sondern für den Quadratfuß in Pfunden ausgedrückt werden. Ebenso müssen, wenn die Geschwindigkeiten in Metern und die Ladungen oder Lasten in Kilogrammen ausgedrückt werden, die Spannungen und Widerstände in Kilogrammen für das Quadratmeter ausgedrückt werden.

Die zweite Bemerkung besteht darin, daß der im Vorhergehenden angewandte Buchstabe S das Volumen des wirklich im Kessel in Dampf verwandelten Wassers und welches als Dampf im Cylinder verbraucht ist, bezeichnet. Es finden aber in dieser Beziehung zwei Verluste statt, welche wir successive betrachten wollen. Bekanntlich kommt bei jeder Dampfmaschine in dem Cylinder derselben immer ein sogenannter freier oder schädlicher Raum vor, welchen der Kolben nicht durchläuft, und welcher sich nebst den daran stoßenden Dampfleitungen bei jedem Kolbenzuge nutzlos mit Dampf füllt. Um diesen Umstand in Rechnung zu bringen, muß man folglich die Größe dieses schädlichen Raumes in Vergleich zu dem nutzbaren Raume des Cylinders an der Maschine selbst bestimmen, und von der Bruttoverdampfung des Kessels einen diesem schädlichen Raume entsprechenden Theil derselben abziehen. Da in den rotirenden oder mit einem Schwungrade versehenen Dampfmaschinen der schädliche Raum im Allgemeinen $\frac{1}{20}$ des ganzen inneren Rauminhaltes des Cylinders beträgt, so kann man denselben in Rechnung bringen, wenn man zunächst $\frac{1}{20}$ der in dem Kessel oder in den Speisebehältern beobachteten Brutto-

verdampfung abzieht. Außerdem findet aber auch noch ein zweiter Verluſt an der Bruttoverdampfung ſtatt, welcher darin beſteht, daß immer ein Theil des Waſſers im Keſſel im tropfbarflüſſigen Zuſtande, mit dem Dampfe gemiſcht, in den Cylinder übergeführt wird, ohne darin irgend eine Wirkung auf den Kolben auszuüben. Es ſind bisher keine Verſuche in hinreichender Anzahl angeſtellt, um dieſen Verluſt genau in Rechnung bringen zu können, und derſelbe iſt zuverläſſig von der beſondern Konſtruktion des Keſſels abhängig. Man kann aber nach einigen bis jetzt gemachten Beobachtungen dieſen Verluſt bei feſtſtehenden Dampfmaſchinen näherungsweiſe auf $\frac{1}{20}$ des ganzen in den Cylinder tretenden Dampfes anſchlagen. In den Locomotiven iſt dieſer Verluſt weit beträchtlicher, wie wir in unſerm »theoretiſch-praktiſchen Handbuche über Dampfwagen« gezeigt haben, und ändert ſich mit den Maſchinen, ſo wie mit der Art ihrer Führung.

Eine dritte Bemerkung endlich bezieht ſich auf die Bruttoverdampfung ſelbſt. Soll nämlich eine Dampfmaſchine ihren größten Effekt hervorbringen können, ſo muß auch der Keſſel derſelben regelmäßig die größte Quantität Dampf erzeugen können; mithin muß das Feuer gut unterhalten werden; denn wenn dieſe Bedingung nicht erfüllt wird, ſo kann auch der dynamometriſche oder größte Effekt der Maſchine durch das Probiren derſelben nicht ermittelt werden. Wenn das Feuer unter dem Keſſel ſehr ſtark iſt, ſo ſtrebt die Maſchine mit ihrer Laſt eine größere Geſchwindigkeit anzunehmen, als die, womit ſie gewöhnlich arbeiten ſoll, und man muß daher die Oeffnung des Zulaſſungsventiles gehörig verkleinern, damit nur ſo viel Dampf in den Cylinder überſtrömt, als zu der beabſichtigten Geſchwindigkeit erforderlich iſt, indem man nicht die Stärke des Feuers vermindert, ſondern den überſchüſſigen Dampf durch das Sicherheitsventil entweichen läßt. Auf dieſe Weiſe lernt man die größte Verdampfung der Maſchine kennen, welche man bei der Berechnung ihres dynamometriſchen Effektes zum Grunde legen muß, wie wir ſogleich zeigen werden. Jedenfalls muß die Verdampfung der Maſchine immer eine hinreichend lange Zeit beobachtet werden, damit bei der Beſtimmung derſelben kein Fehler ſtatt finden kann.

III. Richtige Berechnung der Expanſionsmaſchinen.

Die vorhergehenden Rechnungen beziehen ſich auf Dampfmaſchinen ohne Expanſion des Dampfes, und wenn wir jetzt zu den Expanſionsmaſchinen übergehen, ſo werden wir ſehen, daß die vorhergehenden Formeln nur geringe Modifikationen erleiden.

Zur Löſung unſerer Aufgabe wollen wir die frühern Betrachtungen kurz wiederholen, indem wir ſie aber jetzt auf den Fall einer Expanſionsmaſchine anwenden.

Wenn l' den Theil des Kolbenlaufes bezeichnet, während deſſen Durchlaufen der Dampf in den Cylinder überſtrömt, indem l wieder den ganzen Kolbenlauf bezeichnet, und die übrigen frühern Bezeichnungen ebenfalls beibehalten werden; ſo ſieht man leicht ein, daß das Volumen des im Keſſel unter dem Drucke P in der Minute gebildeten Dampfes durch:

$$qS$$

ausgedrückt wird, und wenn dieſer Dampf bei dem unbekannten Drucke $\tilde{\omega}$ in den Cylinder übertritt, ſo wird ſein Volumen gleich:

$$qS\frac{P}{\tilde{\omega}}.$$

Da der Theil des innern Rauminhaltes des Cylinders, welcher ſich bei jedem Kolbenlaufe mit Dampf füllt, $= al'$ iſt, ſo giebt das vorhergehende Dampfvolumen für die Minute eine Anzahl von Kolbenzügen, welche ausgedrückt wird durch:

$$\frac{qSP}{al'\tilde{\omega}}.$$

Da aber v die in der Minute von dem Kolben durchlaufene

Länge und l die Länge eines Kolbenlaufes bezeichnet, so wird die Anzahl Kolbenzüge in der Minute auch ausgedrückt durch $\frac{v}{l}$, und wenn man diese beiden Ausdrücke für die Anzahl der in der Minute statt findenden Kolbenzüge einander gleich setzt; so erhält man die Gleichung:

$$\frac{v}{l} = \frac{qSP}{al'\tilde{\omega}},$$

welche den Druck $\tilde{\omega}$ des Dampfes in den Cylinder während der Zulassung oder vor der Expansion giebt, nämlich:

$$\tilde{\omega} = \frac{l}{l'} \cdot \frac{qSP}{av}.$$

Da wir auf diese Weise die Spannung des Dampfes im Cylinder vor seiner Expansion oder während er die Länge l' des Cylinders einnimmt, kennen, und da wir außerdem wissen, daß sich der Dampf von diesem Punkte an successive auf die ganze Länge l des Cylinders ausdehnt, indem seine Spannung in demselben Verhältnisse abnimmt, in welchem sein Volumen zunimmt; so läßt sich daraus der mittlere Druck des Dampfes für den ganzen Kolbenlauf ableiten. Wenn der Druck $\tilde{\omega}$ bekannt wäre, so könnte man den mittlern Druck des Dampfes leicht bestimmen, indem man z. B. den Kolbenlauf in 10 oder 20 Theile theilte, dann die Spannung des Dampfes für jeden dieser Theilungspunkte bestimmte, und aus allen erhaltenen Resultaten das arithmetische Mittel nähme. Allein dieser mittlere Druck $\tilde{\omega}'$ läßt sich unmittelbar berechnen, wenn der Druck $\tilde{\omega}$ bekannt ist, und zwar nach der in unserer »Theorie der Dampfmaschinen« abgeleiteten sehr einfachen Formel:

$$\tilde{\omega}' = \frac{l'}{l}\tilde{\omega}(1+e),$$

worin der Buchstabe e einen Werth hat, welchen wir später kennen lernen werden. Wenn wir nun in dieser letzten Gleichung für $\tilde{\omega}$ seinen obigen Ausdruck setzen, so erhalten wir für den mitt-

lern Druck des Dampfes in dem Cylinder einer Expanſionsmaſchine den Ausdruck:

$$\varpi' = \frac{qSP}{av}(1+e).$$

Da aber der Effekt des Dampfes immer erhalten wird, wenn an dem mittlern Druck, welchen derſelbe auf die Kolbenfläche ausübt, mit dem von dieſer Kolbenfläche beſchriebenen Wege multiplicirt; ſo erhält man für den Totaleffekt des Dampfes:

$$a\varpi' v = qSP(1+e),$$

und wenn man hiervon die Arbeit oder Leiſtung apv des nicht kondenſirten und auf die entgegengeſetzte Kolbenfläche wirkenden Dampfes abzieht; ſo erhält man für den Bruttoeffekt der Maſchine bei der Geſchwindigkeit v den Ausdruck:

$$qSP(1+e) - apv.$$

Aus dieſer Formel erhellet, daß die Maſchine wieder ihren gröſsten Effekt hervorbringt, wenn der Dampf bei ſeinem Eintritte in den Cylinder dieſelbe Spannkraft hat, wie im Keſſel, und zwar nicht, weil es vortheilhaft iſt, daß der Dampf in dem Cylinder die möglichſt gröſste Spannung haben muß, ſondern blos, weil alsdann die Geſchwindigkeit v am kleinſten iſt, und folglich das negative Glied apv ſeinen kleinſten Werth hat. Nun haben wir aber geſehen, daß in dieſem Falle, wenn ſich bei jedem Kolbenzuge der ganze Cylinder mit Dampf füllte, die Geſchwindigkeit des Kolbens $= \frac{qS}{a}$ wäre. Aber bei einer Expanſionsmaſchine wird nur ein Theil l' des Cylinders bei jedem Kolbenzuge mit Dampf aus dem Keſſel gefüllt, und folglich wird die Geſchwindigkeit v', welche der Kolben haben muß, wenn aller Dampf bei dem Drucke im Keſſel konſumirt werden ſoll, ausgedrückt durch:

$$v' = \frac{l}{l'}\cdot\frac{qS}{a}.$$

Setzt man nun dieſen Werth ſtatt v in den Ausdruck des Bruttoeffektes der Maſchine, ſo erhält man für ihren noch nicht

in Pferdekräften angegebenen größten oder dynamometrischen Bruttoeffekt den Ausdruck:

$$qSP(1+e)-qSp\frac{1}{l'}. \qquad (5)$$

Endlich erhält man den Nutzeffekt der Maschine, wenn man von dem vorhergehenden Ausdrücken, die durch die Reibung der Maschine absorbirte Arbeit, welche in dem allgemeinen Falle $=afv$ und in dem Falle des größten Effektes der Maschine $=\frac{1}{l'}qSf$ ist, abzieht. Man hat also endlich für den Nutzeffekt der Maschine bei einer beliebigen Geschwindigkeit den Ausdruck:

$$qSP(1+e)-av(p+f),$$

und für den größten oder dynamometrischen Nutzeffekt der Maschine den Ausdruck:

$$qSP(1+e)-qS(p+f)\frac{1}{l'}, \qquad (6)$$

wo beide Effekte aber noch nicht in Pferdekräften ausgedrückt sind.

Aus diesen beiden letzten Formeln sieht man, daß sie sich von denen für Dampfmaschinen ohne Expansion nur dadurch unterscheiden, daß im ersten Gliede der Faktor $(1+e)$ und im zweiten Gliede der Faktor $\frac{1}{l'}$ hinzugekommen ist, und außerdem ist einleuchtend, daß die Größe S wieder wie vorhin die größte wirksame Verdampfung des Kessels ausdrückt.

Wir haben nun noch den Werth des Buchstaben e, welchen wir der Kürze wegen in die vorhergehenden Formeln eingeführt haben, anzugeben. Aus den in unserer »Theorie der Dampfmaschinen« angestellten Rechnungen folgt aber, daß der Buchstabe e den hyperbolischen Logarithmus der Zahl $\frac{1}{l'}$ oder den gewöhnlichen Logarithmus derselben mit dem Faktor 2,303 multiplicirten Zahl ausdrückt. Man hat folglich:

$$e=2{,}303\log\frac{1}{l'}.$$

Um also die Zahl e zu erhalten, wenn die Expansion, d. h. die ganze Länge l des Kolbenlaufes und der Theil l' desselben, welchen der Kolben vor der Absperrung des Dampfes durchläuft, bekannt ist, muß man in den gewöhnlichen Logarithmentafeln den Logarithmus der Zahl $\frac{l}{l'}$ nehmen und denselben mit dem Faktor 2,303 multipliciren. Wenn z. B. der Dampf in der Mitte des Kolbenlaufes abgesperrt wird, so daß $\frac{l}{l'}=2$, folglich $\log\frac{l}{l'}=0{,}301$ ist; so ist e=0,69.

Wir werden übrigens zur Erleichterung der Berechnung des Effektes der Expansionsmaschinen am Ende dieses Werkchens eine Tafel mittheilen, welche das gesuchte Resultat unmittelbar giebt. Wenn ω die bekannte Eintrittsspannung des Dampfes in den Cylinder bezeichnet, so wird die mittlere Spannung desselben in dem Cylinder nach dem Vorhergehenden ausgedrückt durch:

$$\omega' = \frac{l'}{l}(1+e)\,\omega,$$

und wir haben in der erwähnten Tafel den Werth des Koefficienten $\frac{l'}{l}(1+e)$ für jeden Fall angegeben. Man braucht folglich nur den Druck des Dampfes im Kessel durch den Zahlenwerth dieses Koefficienten zu multipliciren, um sofort den mittlern Druck des Dampfes im Cylinder zu erhalten, und für die nicht in der Tafel vorkommenden Fälle braucht man nur das Mittel zwischen den beiden benachbarten Werthen zu nehmen.

IV. Anwendungen.

Um von den im Vorhergehenden erhaltenen allgemeinen Formeln Anwendungen zu machen, wollen wir den dynamometrischen oder größten Effekt der Dampfmaschinen suchen, deren Dimensionen und Verdampfung im ersten Abschnitte angegeben sind. Ehe wir aber zu diesen Rechnungen übergehen, müssen wir in der Kürze angeben, wie man in der Praxis das specifische Volumen des unter einem bekannten Drucke gebildeten Dampfes und die Reibung einer gegebenen Maschine annährend bestimmen kann, weil die erste Bestimmung zur Berechnung des Bruttoeffektes und die zweite zur Berechnung des Nutzeffektes der Maschine erforderlich ist.

Wir haben schon bemerkt, daß das specifische Volumen des Dampfes unmittelbar und ohne alle Rechnung vermittelst der Tafel I erhalten werden kann; es kann aber auch ohne diese Tafel näherungsweise durch die Formel:

$$\mu = \frac{4100000}{250+\varpi}, \text{ engl. Maß} \qquad (11)$$

$$\mu = \frac{20000000}{1200+\varpi}, \text{ franz. Maß} \qquad (12)$$

bestimmt werden, worin ϖ den absoluten Druck des Dampfes in engl. Pfunden für den Quadratfuß, oder in Kilogrammen für das Quadratmeter und μ das specifische Volumen des Dampfes oder das Verhältniß des Volumens des Dampfes zu dem des Wassers, woraus er sich gebildet hat, bezeichnet. Es ist also nichts leichter, als das specifische Volumen des unter einem gegebenen Drucke gebildeten Dampfes zu finden. Wenn

z. B. der Dampf eine Spannkraft von 1 Kilogramm für das Quadratcentimeter, also von 10000 Kilogrammen für das Quadratmeter, oder nahe zu von 1 Atmosphäre hat, so findet man durch die vorhergehende Formel, daß das Volumen des Dampfes 1786 mal größer ist, als das des Wassers, woraus er sich gebildet hat.

Was die Reibung der Dampfmaschinen anlangt, so fehlen die zu ihrer genauen Bestimmung erforderlichen Beobachtungsdata noch; allein bis dahin, daß eine hinreichende Anzahl von Versuchen zu diesem Behufe angestellt sind, können wir eine näherungsweise Bestimmung dieser Reibung anwenden, welche sich auf die von uns selbst an Locomotiven angestellten Versuche und auf einige andere über diesen Gegenstand bekannt gewordenen Beobachtungen gründet, und darin besteht, daß man zuerst die Reibung der unbelasteten Maschine durch die Formel:

$$f = \frac{360}{d}, \text{ engl. Maß}$$

$$f = \frac{450}{d}, \text{ franz. Maß}$$

berechnet, worin d den Durchmesser des Cylinders der Maschine in Fußen, oder Metern, und f die gesuchte Reibung in Pfunden für den Quadratfuß, oder in Kilogrammen für das Quadratmeter bezeichnet, und dann zu der so erhaltenen Zahl $\frac{1}{7}$ der in Pfunden für den Quadratfuß, oder in Kilogrammen für das Quadratmeter ausgedrückten Ladung der Maschine addirt. Wenn z. B. eine Dampfmaschine einen Cylinder von 1 Meter im Durchmesser und eine Ladung von 0,5 Kilogrammen für das Quadratcentimeter oder von 5000 Kilogrammen für das Quadratmeter hat; so findet man für die Reibung der unbelasteten Maschine 450 Kilogramm, und für die von der Ladung herrührende Zunahme der Reibung 700 Kilogramm, welches im Ganzen 1150 Kilogramm für das Quadratmeter, oder 0,115 Kilogramm für das Quadratcentimeter der Kolbenfläche beträgt. Wenn die Dampfmaschine einen Cylinder von 33 engl. Zollen, oder von 2,75 engl. Fußen im Durchmesser und eine Ladung von 7 engl. Pfunden für den

Quadratfuß hat, ſo findet man, daß die Geſammtreibung der Maſchine für den Quadratzoll der Kolbenfläche 1,75 Pfund beträgt.

Wenn die Maſchine ihren größten Effekt hervorbringt, welchen Fall wir hier allein betrachten, ſo iſt, wie wir geſehen haben, ihre Geſchwindigkeit am kleinſten, und folglich ihre Ladung am größten. Die Grenze, welche die gegen den Kolben wirkende Ladung nicht überſchreiten kann, iſt aber nichts anders, als die um die Reibungen verminderte Spannung des Dampfes im Keſſel. Folglich iſt die um die Reibungen vermehrte größte Ladung dem wirkſamen Drucke des Dampfes, d. h. dem Drucke im Keſſel weniger dem Drucke des nicht kondenſirten und auf die entgegengeſetzte Kolbenfläche wirkenden Dampfes gleich. Wenn man alſo in dieſem Falle von dem wirkſamen Drucke im Keſſel die Reibung der unbelaſteten Maſchine abzieht, ſo drückt der Reſt die Ladung oder Laſt und die von dieſer Laſt herrührende Reibung aus, und da dieſe Reibung $\frac{1}{7}$ der Laſt beträgt; ſo kann man ſie leicht beſtimmen, wenn man $\frac{1}{8}$ des Ganzen nimmt. Wenn z. B. der wirkſame Druck in dem Keſſel einer Dampfmaſchine 12,5 engl. Pfund für den Quadratfuß beträgt, ſo iſt klar, daß die um die Reibungen vermehrte Laſt höchſtens dieſe Grenze erreichen kann. Wenn alſo die Reibung der unbelaſteten Maſchine 0,75 Pfund für den Quadratzoll beträgt, ſo drückt der Reſt von 11,75 Pfund für den Quadratzoll die größte Ladung und die von derſelben herrührende Reibung aus, wonach alſo die größte Ladung 10,28 und die von derſelben herrührende Reibung 1,47 Pfund für den Quadratzoll beträgt. In dem gegenwärtigen Falle beträgt alſo die Geſammtreibung der Maſchine 2,22 Pfund für den Quadratzoll der Kolbenfläche, welches zugleich die größte Reibung der Maſchine iſt, weil ſie der größten Ladung oder Laſt entſpricht.

Wir wollen das Vorhergehende nun auf beſondere Beiſpiele anwenden, und dabei uns blos arithmetiſcher Rechnungen bedienen, um den Praktiker nicht durch algebraiſche Formeln abzuſchrecken, und man wird ſich hoffentlich überzeugen, daß unſere richtige Berechnung ebenſo einfach iſt, als die gewöhnliche unrichtige.

Beiſpiel 1. — Wir wollen zuerſt die Watt'ſche Dampfmaſchine betrachten, deren Dimenſionen und Effekte bereits früher angegeben ſind, nämlich:

Durchmesser des Cylinders = 34, also die Kolbenfläche = 6,287 Quadratfuß.

Absoluter Druck des Dampfes im Kessel = 16,5 und auf die entgegengesetzte Kolbenfläche = 4 Pfund für den Quadratzoll.

Bruttoverdampfung im Kessel = 0,927 Kubikfuß Wasser in der Minute, und wenn man hiervon $1/20$ dieses Werthes wegen des schädlichen Raumes und von dem Reste wieder $1/20$ wegen des mit dem Dampfe fortgeführten tropfbarflüssigen Wassers abzieht; so erhält man die wirksame Verdampfung = 0,837 Kubikfuß in der Minute.

Da nach den bekannten Tafeln für das specifische Volumen des Wasserdampfes das Volumen des unter dem Drucke von 16,5 Pfund für den Quadratzoll gebildeten Dampfes 1526mal größer ist, als das Volumen des Wassers, woraus er sich gebildet hat, so ist klar, daß die Verdampfung von 0,837 Kubikfuß Wasser in der Minute in dem Kessel ein Volumen Dampf = $1526 \times 0{,}837 = 1277$ Kubikfuß in der Minute giebt. Da ferner die Fläche des innern Querschnittes des Cylinders 6,287 Quadratfuß beträgt, so giebt dieses Volumen Dampf, indem es bei unveränderter Spannung durch den Cylinder geht, eine Kolbengeschwindigkeit von:

$$\frac{1277}{6{,}287} = 203 \text{ Fuß für die Minute.}$$

Diese Geschwindigkeit des Kolbens entspricht also der Voraussetzung, daß der Dampf in dem Cylinder mit demselben Drucke wirkt, als im Kessel, und ist folglich ohne Rücksicht auf die Dampfverluste die kleinste Geschwindigkeit, welche die Maschine annehmen kann. Diese Geschwindigkeit entspricht also nach dem weiter oben Gesagten auch dem größten Effekte der Maschine, wonach wir den dynamometrischen Effekt derselben berechnen müssen.

Der größte Effekt der Maschine wird also gefunden, wenn man die Differenz zwischen der Spannkraft des Dampfes im Kessel und der des nicht kondensirten Dampfes, welcher auf die entgegengesetzte Kolbenfläche wirkt, durch die Kolbenfläche und durch die vorhergehende Geschwindigkeit multiplicirt. Nun ist

aber die Differenz zwiſchen der Spannung des Dampfes im Keſſel und der des nicht kondenſirten, auf die entgegengeſetzte Kolbenfläche wirkenden Dampfes = 12,50 Pfund für den Quadratzoll oder = 1800 Pfund für den Quadratfuß, weil ſich alle Maße auf dieſelbe Einheit beziehen müſſen. Der größte Effekt der Maſchine iſt folglich gleich $1800 \times 6{,}287 \times 203 = 2299100$ Pfund, auf 1 Fuß in der Minute gehoben, und wenn man folglich dieſes Reſultat durch 33000 oder durch den Werth einer Pferdekraft dividirt; ſo erhält man zunächſt den größten Bruttoeffekt der Maſchine = 70 Pferdekräften.

Um hieraus den größten Nutzeffekt abzuleiten, braucht man nur die durch die Reibung abſorbirte Leiſtung oder Arbeit davon abzuziehen. Nun kann aber nach dem weiter oben Geſagten die Reibung der unbelaſteten Maſchine auf 0,75 Pfund für den Quadratzoll der Kolbenfläche angeſchlagen werden, und wenn man dieſe Zahl von dem wirkſamen Drucke des Dampfes im Keſſel, welcher 12,50 Pfund für den Quadratzoll beträgt, abzieht; ſo bleiben 11,75 Pfund, wodurch die größte Ladung und die von derſelben herrührende Reibung ausgedrückt wird. Dieſe letzte Reibung beträgt folglich $\frac{1}{8}$ des Ganzen oder 1,47 Pfund für den Quadratzoll, und mithin beträgt endlich die ganze Reibung 2,22 Pfund für den Quadratzoll oder 320 Pfund für den Quadratfuß. Die von der Reibung bei der obigen Geſchwindigkeit abſorbirte Arbeit oder Leiſtung iſt folglich gleich:

$$320 \times 6{,}287 \times 203 = 408310 \text{ Pfund},$$

auf 1 Fuß in der Minute gehoben. Zieht man nun dieſe letzte Zahl von dem vorhin berechneten Bruttoeffekte der Maſchine ab, und dividirt den Reſt durch 33000, ſo erhält man den größten Nutzeffekt der Maſchine = 57 Pferdekräften.

Nach der gewöhnlichen unrichtigen Berechnungsart beträgt aber, wie wir geſehen haben, der dynamometriſche Bruttoeffekt der Maſchine 98 ſtatt 70 und ihr Nutzeffekt 59 ſtatt 57 Pferdekräfte. Bei der Beſtimmung des Bruttoeffektes iſt alſo der begangene Fehler ſehr groß, und wenn derſelbe für den Nutzeffekt geringer iſt, ſo geſchieht dieſes blos zufällig, wie man an den folgenden Beiſpielen ſehen wird.

Wenn man dieselbe Berechnung in französischen Maßen anstellen will, so sind die Dimensionen der Maschinen folgende:

Durchmesser des Cylinders = 86,359 Centimeter, also die Kolbenfläche = 0,584 Quadratmeter.

Absoluter Druck des Dampfes im Kessel = 1,160 Kilogramm für das Quadratcentimeter und auf die entgegengesetzte Kolbenfläche = 0,281 Kilogrammen für das Quadratcentimeter; also der wirksame Druck = 0,879 Kilogramm für das Quadratcentimeter, oder = 8790 Kilogramm für das Quadratmeter.

Bruttoverdampfung im Kessel = 0,02634 Kubikmeter Wasser in der Minute, woraus sich die wirksame Verdampfung = 0,02377 Kubikmeter Wasser in der Minute auf die wiederholt angegebene Weise ergiebt.

Da das Volumen des unter dem absoluten Drucke von 1,160 Kilogramm für das Quadratcentimeter gebildeten Dampfes 1526mal größer ist, als das Volumen des Wassers, woraus er sich gebildet hat, so folgt, daß die Verdampfung von 0,02377 Kubikmeter in der Minute bei dieser Spannung ein Volumen Dampf = 1526 × 0,02377 = 36,273 Kubikmeter giebt, und wenn man dieses Volumen durch den innern Querschnitt des Cylinders oder durch die Kolbenfläche dividirt, so erhält man die Geschwindigkeit des Kolbens bei dem Drucke im Kessel, d. h. die kleinste Geschwindigkeit oder die dem größten Effekte entsprechende Geschwindigkeit des Kolbens = 62,11 Meter in der Minute.

Hierauf findet man den Effekt, welchen die Maschine bei dieser Geschwindigkeit hervorbringt, wenn man diese Geschwindigkeit durch den zugehörigen wirksamen Druck des Dampfes und durch die Kolbenfläche multiplicirt, wodurch man erhält:

$$0{,}584 \times 8790 \times 62{,}11 = 318840 \text{ Kilogramm},$$

auf 1 Fuß in der Minute gehoben, und wenn man dieses Resultat durch den Effekt eines Pferdes oder durch 4500 Kilogramm, auf 1 Meter in der Minute gehoben, dividirt; so erhält man den größten Bruttoeffekt der Maschine = 71 Pferdekräften.

Um hieraus den Nutzeffekt der Maschine abzuleiten, braucht man nur die durch die Reibung absorbirte Arbeit oder Leistung

abzuziehen. Die auf die weiter oben angegebene Weise bestimmte Reibung der unbelasteten Maschine beträgt aber 521 Kilogramm für das Quadratmeter, und wenn man diese Zahl von dem wirksamen Druck des Dampfes abzieht, so bleiben 8269 Kilogramm, wovon $^1/_8$ gleich 1034 Kilogramm ist. Die Gesammttreibung der Maschine beträgt also bei ihrer größten Ladung 1555 Kilogramme für das Quadratmeter, und die Arbeit, welche sie bei der dem größten Effekte entsprechenden Geschwindigkeit absorbirt, ist gleich:

$$1555 \times 0{,}584 \times 62{,}11 = 56405 \text{ Kilogramm,}$$

auf 1 Meter in der Minute gehoben. Zieht man also diese Zahl von dem weiter oben gefundenen Bruttoeffekte der Maschine ab, und dividirt den Rest durch 4500, so erhält man den größten Nutzeffekt derselben = 58 Pferdekräften.

Nach der gewöhnlichen Berechnungsart hätte man den Bruttoeffekt bei der beobachteten Geschwindigkeit von 87,17 Meter in der Minute gleich:

$$\frac{8790 \times 0{,}584 \times 87{,}17}{4500} = 99 \text{ Pferdekräften statt } 71,$$

und den Nutzeffekt derselben $= 0{,}60 \times 99 = 60$ Pferdekräften statt 58 gefunden. Man sieht, daß diese beiden Effekte von den in engl. Maßen etwas verschieden sind, und der Grund hiervon liegt darin, daß eine franz. Pferdekraft etwas kleiner ist, als eine englische.

Beispiel 2. — Wir wollen nun die Hochdruckmaschine ohne Expansion zu Brighton betrachten, deren Effekte wir bereits oben angegeben haben, und deren Dimensionen folgende sind:

Durchmesser des Cylinders = 16 Zoll, also die Kolbenfläche = 1,3063 Quadratfuß.

Absoluter Druck des Dampfes im Kessel = 54,50 Pfund für den Quadratzoll, also der wirksame Druck = 39,79 Pfund für den Quadratzoll, oder 5730 Pfund für den Quadratfuß.

Bruttoverdampfung im Kessel = 0,398 Kubikfuß Wasser in der Minute, woraus sich die wirksame Verdampfung = 0,359 Kubikfuß für die Minute ergiebt.

Da das Volumen des unter dem Drucke von 54,50 Pfund für den Quadratzoll gebildeten Dampfes 509mal größer ist, als das Volumen des Wassers, woraus er sich gebildet hat, so folgt, daß der in dem Kessel in der Minute gebildete Dampf ein Totalvolumen von $509 \times 0{,}359 = 183$ Kubikfuß hat, und daß dieses Volumen Dampf, wenn es bei unveränderter Spannung in den Cylinder tritt, darin eine Kolbengeschwindigkeit von $\frac{183}{1{,}3963} = 131$ Fuß in der Minute bewirkt, welche dem größten Effekte entspricht, und folglich die Geschwindigkeit ist, für welche wir den dynamometrischen Effekt der Maschine berechnen müssen.

Da nun der Effekt des Dampfes durch das Produkt aus seinem wirksamen Drucke, der Größe der Kolbenfläche und der zugehörigen Geschwindigkeit der Bewegung gemessen wird; so ist dieser Effekt offenbar gleich:

$$5730 \times 1{,}3963 \times 131 = 1047000 \text{ Pfund},$$

auf 1 Fuß in der Minute gehoben, und wenn man denselben in Pferdekräften ausdrückt, so erhält man den größten Bruttoeffekt der Maschine = 32 Pferdekräften.

Um daraus den entsprechenden Nutzeffekt der Maschine abzuleiten, muß man die durch die Reibung konsumirte Arbeit abziehen. Die Reibung der unbelasteten Maschine kann aber nach dem weiter oben Gesagten auf 1,57 Pfund für den Quadratzoll angeschlagen werden, und wenn man diese Zahl von dem wirksamen Drucke 39,79 Pfund abzieht, so bleiben 38,22 Pfund, wovon $\frac{1}{8}$, also 4,78 Pfund die von der größten Ladung herrührende Reibung ausdrückt. Die Gesammtreibung beträgt folglich 6,35 Pfund für den Quadratzoll oder 914 Pfund für den Quadratfuß der Kolbenfläche, und folglich ist die durch diese Reibung bei der obigen Geschwindigkeit konsumirte Arbeit gleich:

$$914 \times 1{,}3963 \times 131 = 167090 \text{ Pfund},$$

auf 1 Fuß in der Minute gehoben. Zieht man also diesen letzten Werth von dem Bruttoeffekte ab, und drückt den Rest in Pferdekräften aus, so findet man den größten oder dynamometrischen Effekt der Maschine = 27 Pferdekräften.

Nach der gewöhnlichen Berechnungsart hätte man nach dem angeführten Versuche den dynamometrischen Bruttoeffekt dieser Maschine gleich:

$$\frac{5730 \times 1{,}3963 \times 168{,}33}{33000} = 41 \text{ Pferdekräften,}$$

statt = 32 Pferdekräften gefunden, und wenn man den für diese Maschinen üblichen Reduktionskoefficienten 0,5 anwendet, so erhielte man ihren Nutzeffekt = 20 Pferdekräften statt 27.

Wir wollen den dynamometrischen Effekt dieser Maschine nach dem zweiten der oben angeführten Versuche nicht berechnen, weil bei diesem Versuche die Geschwindigkeit eine gewisse Grenze nicht überschreiten sollte, und das Feuer nur bei mittelmäßiger Stärke erhalten wurde, um keinen Dampf zu verlieren, wodurch die Verdampfung des Kessels von 0,398 auf 0,307 Kubikfuß Wasser in der Minute reducirt wurde, und woraus man folglich den größten Effekt der Maschine nicht würde ableiten können, sondern blos ihre Leistung für die gerade zu verrichtende Arbeit.

Wenn man die vorhergehende Berechnung in franz. Maßen anstellen soll, so sind die Dimensionen der Maschine folgende:

Durchmesser des Cylinders = 40,64 Centimeter, also die Kolbenfläche = 0,12972 Quadratmeter.

Absoluter Druck im Kessel = 3,8300 Kilogramm für das Quadratcentimeter, also der wirksame Druck = 2,7970 Kilogramm für das Quadratcentimeter oder = 27970 Kilogramm für das Quadratmeter.

Bruttoverdampfung im Kessel = 0,011265 Kubikmeter in der Minute, woraus sich auf die bekannte Weise die wirksame Verdampfung = 0,010167 Kubikmeter in der Minute ergiebt.

Da das Volumen des unter dem Drucke von 3,83 Kilogramm für das Quadratcentimeter gebildeten Dampfes 509 mal größer ist, als das Volumen des Wassers, woraus er sich gebildet hat, so ist das Volumen des in der Minute im Kessel gebildeten Dampfes = 5,175 Kubikmeter, und wenn man dasselbe durch die Größe der Kolbenfläche dividirt; so erhält man die dem größten Effekte der Maschine entsprechende Geschwindigkeit derselben

=39,893 Meter in der Minute. Ferner ist der wirksame Druck des Dampfes in dem Cylinder derselbe, als im Kessel. Folglich ist der Bruttoeffekt der Maschine bei der dem größten Effekte entsprechenden Geschwindigkeit gleich:

$$27970 \times 0{,}12972 \times 39{,}893 = 144750 \text{ Kilogrammen,}$$

auf 1 Meter in der Minute gehoben, und wenn man denselben durch 4500 dividirt, so erhält man den größten Bruttoeffekt der Maschine =32 Pferdekräften.

Um daraus den zugehörigen Nutzeffekt der Maschine abzuleiten, kann die Reibung der unbelasteten Maschine auf 1107 Kilogramme für das Quadratmeter der Kolbenfläche geschätzt werden, und wenn man diese Zahl von dem wirksamen Drucke =27970 Kilgr. abzieht, so bleiben 26863 Kilgr. wovon $\frac{1}{8}$ oder 3358 Kilgr. die von der größten Ladung herrührende Reibung ist. Die Gesammtreibung beträgt folglich 4465 Kilgr. für das Quadratmeter der Kolbenfläche, und die durch sie bei der obigen Geschwindigkeit absorbirte Arbeit ist folglich gleich:

$$4465 \times 0{,}12972 \times 39{,}893 = 23106 \text{ Kilogramm,}$$

auf 1 Meter in der Minute gehoben. Zieht man also diesen Werth von dem für den Bruttoeffekt gefundenen ab, und drückt den Rest in Pferdekräften aus, so erhält man den größten oder dynamometrischen Effekt der Maschine =27 Pferdekräften.

Die gewöhnliche Berechnungsart würde den dynamometrischen Bruttoeffekt der Maschine =41 statt 32 Pferdekräften und ihren größten Nutzeffekt =20 statt 27 Pferdekräften gegeben haben.

Beispiel 3. — Als letztes Beispiel wollen wir noch den dynamometrischen Effekt der Evans'schen Hochdruckmaschine mit Expansion zu Brighton berechnen, deren Dimensionen nach dem früher Gesagten folgende sind:

Durchmesser des Cylinders =16,5 Zoll; also die Kolbenfläche =1,4849 Quadratfuß.

Kolbenlauf =3 Fuß, und die Expansion des Dampfes beginnt bei 0,52 des ganzen Kolbenlaufes, d. h. nach dem der Kolben 1,56 Fuß durchlaufen hat.

Abſoluter Druck des Dampfes im Keſſel = 54,71 Pfund für den Quadratzoll.

Bruttoverdampfung im Keſſel = 0,317 Kubikfuß Waſſer in der Minute, woraus ſich auf die bekannte Weiſe die wirkſame Verdampfung = 0,286 Kubikfuß Waſſer in der Minute ergiebt.

Da der unter dem abſoluten Drucke von 54,71 Pfund für den Quadratzoll gebildete Dampf ein 507 mal größeres Volumen hat, als das Waſſer, woraus er gebildet iſt, ſo folgt zunächſt, daß die Verdampfung von 0,286 Kubikfuß Waſſer in der Minute ein Volumen Dampf = 507 × 0,286 = 145 Kubikfuß hat geben müſſen, und wenn man daſſelbe durch den Rauminhalt des Theils des Cylinders, welcher mit Dampf vor der Expanſion gefüllt wird, nämlich durch 1,4849 × 1,56 = 2,316 Kubikfuß dividirt; ſo erhält man die Anzahl der in der Minute ſtatt findenden Kolbenzüge = 62,6, und folglich iſt die dem größten Effekte entſprechende Geſchwindigkeit = 62,6 × 3 = 188 Fuß in der Minute, für welche wir den Effekt der Maſchine berechnen müſſen.

Da ferner der Dampf nach der Vorausſetzung mit dem Drucke im Keſſel vor der Expanſion 0,52 des Cylinders anfüllt, und ſich dann auf den ganzen Cylinder oder auf einen 1,92 mal größern Raum ausdehnt, ſo kann nach dem weiter oben Geſagten der mittlere Druck deſſelben während des ganzen Kolbenlaufes erhalten werden, wenn man den Druck, mit welchem der Dampf in den Cylinder tritt, durch die Zahl 0,52 und das Reſultat durch die Summe aus der Zahl 1 und dem 2,303 fachen Logarithmus der Zahl 1,92 multiplicirt. Da aber der Logarithmus von 1,92 = 0,283 iſt, ſo iſt offenbar die zu 1 zu addirende Zahl = 2,303 × 0,283 = 0,65. Der mittlere Druck des Dampfes gegen den Kolben während des ganzen Kolbenlaufes iſt folglich = 0,52 × 54,71 × 1,65 = 46,94 Pfund für den Quadratzoll, und wenn man davon den auf die entgegengeſetzte Kolbenfläche wirkenden atmoſphäriſchen Druck abzieht; ſo erhält man den mittlern wirkſamen Druck des Dampfes = 32,23 Pfund für den Quadratzoll oder = 4641 Pfund für den Quadratfuß.

Dieſe Zahl würde man auch vermittelſt der Tafel II am Ende erhalten können, weil der Dampf während 0,52 des Kol-

benlaufes in den Cylinder tritt, und der entsprechende mittlere Druck = 0,858 des Eintrittsdruckes ist. Endlich hätte man auch den Kolbenlauf in 10 Theile theilen, für jeden Theilungspunkt den Druck des Dampfes bestimmen und aus allen erhaltenen Resultaten das arithmetische Mittel nehmen können, wodurch man den absoluten mittlern Druck des Dampfes = 44,85 Pfund für den Quadratzoll erhalten hätte, welches Resultat aber nicht so genau, als das vorhergehende ist.

Da nun der Effekt des Dampfes wieder durch das Produkt aus seinem mittlern Drucke, der Kolbenfläche und der Geschwindigkeit des Kolbens ausgedrückt wird; so ist offenbar der Effekt der Maschine bei der Geschwindigkeit von 188 Fuß in der Minute, d. h. der größte Bruttoeffekt derselben gleich:

$$4641 \times 1{,}4849 \times 188 = 1294200 \text{ Pfund.}$$

auf 1 Fuß in der Minute gehoben, und wenn man denselben durch 33000 dividirt; so erhält man den Bruttoeffekt der Maschine = 39 Pferdekräften.

Um hieraus den entsprechenden Nutzeffekt der Maschine abzuleiten, muß man die durch die Reibung absorbirte Arbeit abziehen. Nun kann aber bekanntlich die Reibung der unbelasteten Maschine auf 1,51 Pfund für den Quadratzoll angeschlagen werden, und wenn man diese Zahl von dem wirksamen mittlern Drucke des Dampfes, d. h. von 32,23 Pfund abzieht; so bleiben 30,72, wovon $\frac{1}{8}$ oder 3,84 Pfund die von der größten Ladung herrührende Reibung ausdrückt. Die Gesammtreibung der Maschine beträgt folglich 5,35 Pfund für den Quadratzoll oder 770 Pfund für den Quadratfuß, und die Arbeit, welche sie bei der dem größten Effekte entsprechenden Geschwindigkeit absorbirt, ist gleich:

$$770 \times 1{,}4849 \times 188 = 214730 \text{ Pfund,}$$

auf 1 Fuß in der Minute gehoben. Zieht man diesen Werth von dem Bruttoeffekte der Maschine ab, und drückt den Rest in Pferdekräften aus, so erhält man den größten oder dynamometrischen Nutzeffekt der Maschine = 33 Pferdekräften.

Das Resultat der gewöhnlichen Berechnung würde von der

Geschwindigkeit, mit welcher die Maschine arbeitet, abgehangen haben. Wenn z. B. der Kolben eine Geschwindigkeit von 200 Fuß in der Minute gehabt hätte, so würde man, da der mittlere Druck immer derselbe ist, nämlich 32,23 Pfund für den Quadratzoll beträgt, den Bruttoeffekt der Maschine gleich:

$$\frac{(32{,}23 \times 144) \times 1{,}4849 \times 200}{33000} = 42 \text{ statt } 39$$

Pferdekräften erhalten haben, und wenn man diesen Effekt in dem gewöhnlichen Verhältnisse vermindert, so erhielt man den Nutzeffekt der Maschine = 21 statt 33 Pferdekräften. Wenn die Maschine eine Geschwindigkeit von 300 Fuß in der Minute gehabt hätte, was man durch die alleinige Verminderung der Last ohne Aenderung der Verdampfung hätte bewerkstelligen können, so würde man ihren Bruttoeffekt = 63 und ihren Nutzeffekt = 31 Pferdekräften gefunden haben. Wenn man endlich den Druck des Dampfes im Kessel hätte steigen lassen, was man leicht durch Verengung des Zulassungsventiles und durch Belastung des Sicherheitsventiles bewerkstelligen kann; so würde der Effekt der Maschine noch weit größer gefunden werden.

Wenn die Berechnung in franz. Maßen geschehen soll, so sind die Dimensionen der Maschine folgende;

Durchmesser des Cylinders = 41,91 Centimeter, oder die Kolbenfläche = 0,1380 Quadratmeter.

Kolbenlauf = 0,914 Meter, und die Expansion fängt bei 0,52 des ganzen Kolbenlaufes, d. h. nachdem der Kolben 0,4753 Meter durchlaufen hat, an.

Absoluter Druck des Dampfes im Kessel = 3,8450 Kilogramm für das Quadratcentimeter, oder = 38450 Kilogramm für das Quadratmeter.

Bruttoverdampfung = 0,008966 Kubikmeter Wasser in der Minute, woraus sich auf die bekannte Art die wirksame Verdampfung = 0,008092 Kubikmeter Wasser in der Minute ergiebt.

Da der unter dem Drucke von 3,845 Kilogramm für das Quadratcentimeter gebildete Dampf ein 507 mal größeres Volumen hat, als das Wasser, woraus er gebildet ist, so hat der im Kessel in der Minute gebildete Dampf ein Volumen von

507×0,008092=4,1026 Kubikmeter, und wenn man daſſelbe durch den Rauminhalt des Theiles des Cylinders, welcher ſich bei jedem Kolbenzuge vor der Abſperrung mit Dampf füllt, d. h. durch 0,06559 dividirt; ſo erhält man die dem größten Nutzeffekte entſprechende Geſchwindigkeit =62,6 Kolbenzügen oder =57,17 Meter in der Minute, für welche der größte Effekt der Maſchine berechnet werden muß.

Da ferner der Dampf, während 0,52 des Kolbenlaufes in den Cylinder tritt, und ſich alsdann in den ganzen innern Raum deſſelben ausdehnt, ſo findet man vermittelſt der Tafel II, daß der mittlere Druck für den ganzen Kolbenlauf =0,858 des Eintrittsdruckes iſt, und da dieſer 38450 Kilogramm für das Quadratmeter beträgt; ſo iſt der mittlere Druck des Dampfes im Cylinder gleich:

38450×0,858=32990 Kilogramm für das Quadratmeter,

und wenn man davon den atmoſphäriſchen Druck abzieht, ſo erhält man den mittlern wirkſamen Druck im Cylinder =22660 Kilogramm für das Quadratmeter.

Dieſe Zahl erhielte man auch ohne Hülfe der Tafel, wenn man bemerkt, daß der Dampf im Cylinder urſprünglich nur 0,52 deſſelben einnimmt, und ſich dann in den ganzen Cylinder, d. h. in einen 1,92 mal größern Raum ausdehnt, und daß man, um den entſprechenden mittlern Druck zu erhalten, den Eintrittsdruck durch 0,52 und das Reſultat durch die Summe aus 1 und dem 2,303 fachen gewöhnlichen Logarithmus von 1,92 multipliciren muß, wie wir es bei der Berechnung in engl. Maßen gethan haben.

Nachdem der wirkſame Druck des Dampfes auf dieſe Weiſe bekannt iſt, erhält man den hervorgebrachten Effekt wieder, indem man dieſen mittlern Druck durch die Kolbenfläche, und das Reſultat durch die zugehörige Geſchwindigkeit des Kolbens multiplicirt. Folglich iſt der Bruttoeffekt der Maſchine bei der dem größten Effekte entſprechenden Geſchwindigkeit gleich:

22660×0,1380×57,17=178780 Kilogramm,

auf 1 Meter in der Minute gehoben, und wenn man nun dieſe

Zahl durch 4500 dividirt; so erhält man den dynamometrischen oder größten Bruttoeffekt der Maschine =39,7 Pferdekräften.

Um hieraus den entsprechenden Nutzeffekt der Maschine abzuleiten, kann man die Reibung der unbelasteten Maschine auf 1074 Kilogramm für das Quadratmeter der Kolbenfläche schätzen, und wenn man diese Zahl von dem wirksamen Drucke im Kessel abzieht; so bleiben 21586 Kilogramm, wovon $\frac{1}{8}$ oder =2698 Kilogramm die von der größten Ladung der Maschine herrührende Reibung ist. Die Totalreibung der Maschine beträgt folglich 3772 Kilogramm für das Quadratmeter und die von derselben bei der obigen Geschwindigkeit absorbirte Arbeit ist gleich:

$$3772 \times 0{,}1380 \times 57{,}17 = 29760 \text{ Kilogramm,}$$

auf 1 Meter in der Minute gehoben. Zieht man dieselbe von dem Bruttoeffekte der Maschine ab, und drückt den Rest in Pferdekräften aus, so erhält man den dynamometrischen Nutzeffekt der Maschine =33 Pferdekräften.

Bei der gewöhnlichen Berechnungsart würde, wie bereits bemerkt worden, das Resultat von der Geschwindigkeit abgehangen haben, mit welcher die Maschine arbeitet. Wenn der Kolben z. B. eine Geschwindigkeit von 60 Meter in der Minute gehabt hätte, so wäre der mittlere Druck des Dampfes im Cylinder auf dieselbe Weise zu berechnen, und man fände für den dynamometrischen Bruttoeffekt der Maschine 42 statt 39,7 und für ihren Nutzeffekt 21 statt 33 Pferdekräften. Wenn die Geschwindigkeit des Kolbens 90 Meter in der Minute betragen hätte, was man allein schon durch eine Verminderung der Ladung ohne Aenderung der Verdampfung bewirken kann, so würde der Bruttoeffekt =63 und der Nutzeffekt =31 Pferdekräften gefunden werden, und wenn man endlich den Druck des Dampfes im Kessel durch Verengung des Zulassungsventiles und Belastung des Sicherheitsventiles steigen ließe, so könnte man diese Effekte noch größer machen.

Aus diesen Beispielen sieht man, wie unrichtig die gewöhnliche Berechnungsart der Kraft der Dampfmaschinen ist, und wie leicht man dafür eine richtige, auf die Verdampfung des Kessels, welche die einzige Quelle der Leistung der Maschine ist, gegründete Rechnung substituiren kann, wenn nur die Dimen-

sionen des Kessels durch den Verfertiger der Maschine so bestimmt sind, daß seine Verdampfungskraft hinreichend ist, um den Cylinder mit Dampf von demselben Drucke, wie der im Kessel füllen zu können, welche Bedingung nothwendig immer erfüllt wird, wenn der Kolben die Geschwindigkeit annimmt, welche als die Normalgeschwindigkeit angegeben wird.

Das bisher untersuchte Verfahren zur Bestimmung des dynamometrischen Effektes der Dampfmaschinen ist allgemein anwendbar, und hierin liegt der Grund, weswegen wir es für nöthig gehalten haben, die Unrichtigkeit desselben nachzuweisen, und eine andere richtige Berechnungsmethode dafür zu substituiren. Es giebt zwar auch noch andere Mittel zur Bestimmung der Kraft der Dampfmaschinen, wohin namentlich die Prony'sche Bremse und der Watt'sche Indikator gehören; allein wir können uns bei der Beschreibung und Anwendung dieser Instrumente, welche durch Zeichnungen erläutert werden müssen, hier nicht länger aufhalten, und verweisen in dieser Beziehung auf unsere »Theorie der Dampfmaschinen,« zumal da die im Vorhergehenden umständlich auseinander gesetzte richtige Berechnungsmethode in allen Fällen anwendbar ist.

Tafel II.

Specifisches Volumen des unter verschiedenen Druckkräften gebildeten Dampfes. (franz. Maß.)

Absoluter Druck in Kilogramm für das Quadratcentimeter.	Specifisches Volumen des Dampfes.	Absoluter Druck in Kilogramm für das Quadratcentimeter.	Specifisches Volumen des Dampfes.
1	1748	3	637
1,1	1601	3,1	618
1,2	1477	3,2	600
1,3	1373	3,3	583
1,4	1282	3,4	568
1,5	1203	3,5	553
1,6	1133	3,6	539
1,7	1072	3,7	525
1,8	1017	3,8	513
1,9	967	3,9	501
2	923	4	489
2,1	882	4,1	478
2,2	845	4,2	468
2,3	811	4,3	458
2,4	780	4,4	448
2,5	752	4,5	439
2,6	726	4,6	430
2,7	701	4,7	422
2,8	678	4,8	414
2,9	657	4,9	406

Absoluter Druck in Kilogramm für das Quadratcentimeter.	Specifisches Volumen des Dampfes.	Absoluter Druck in Kilogramm für das Quadratcentimeter.	Specifisches Volumen des Dampfes.
5	399	6,8	302
5,1	392	6,9	298
5,2	385	7	294
5,3	378	7,1	290
5,4	371	7,2	287
5,5	365	7,3	283
5,6	359	7,4	280
5,7	354	7,5	277
5,8	348	7,6	273
5,9	343	7,7	270
6	338	7,8	267
6,1	333	7,9	264
6,2	328	8	261
6,3	323	8,5	247
6,4	318	9	234
6,5	314	9,5	223
6,6	310	10	213
6,7	306		

Engliſches Maß.

Abſoluter Druck in Pfunden für den Quadratzoll.	Specifiſches Volumen des Dampfes.	Abſoluter Druck in Pfunden für den Quadratzoll.	Specifiſches Volumen des Dampfes.
1	20900	28	937
2	10880	29	907
3	7437	30	880
4	5682	31	853
5	4613	32	829
6	3893	33	806
7	3373	34	784
8	2979	35	764
9	2670	36	744
10	2422	37	726
11	2217	38	708
12	2045	39	692
13	1899	40	676
14	1773	41	661
15	1665	42	646
16	1569	43	632
17	1584	44	619
18	1407	45	607
19	1339	46	595
20	1277	47	583
21	1221	48	572
22	1170	49	561
23	1123	50	551
24	1080	51	541
25	1040	52	531
26	1003	53	522
27	969	54	513

Absoluter Druck in Pfunden für den Quadratzoll	Specifisches Volumen des Dampfes	Absoluter Druck in Pfunden für den Quadratzoll	Specifisches Volumen des Dampfes
55	505	83	348
56	497	84	344
57	489	85	340
58	481	86	337
59	473	87	333
60	466	88	330
61	459	89	326
62	452	90	323
63	446	91	320
64	440	92	317
65	433	93	313
66	427	94	310
67	422	95	307
68	416	96	305
69	410	97	302
70	405	98	299
71	400	99	296
72	395	100	293
73	390	105	281
74	385	120	249
75	380	135	224
76	376	150	203
77	371	165	187
78	367	180	173
79	363	195	161
80	359	210	150
81	355	225	141
82	351	240	133

Tafel III.

Zur Berechnung der Expansionsmaschinen.

Werth von $\frac{l'}{l}$	Werth von $\frac{l'}{l}\left(1+2{,}303\log\frac{l}{l'}\right)$	Werth von $\frac{l'}{l}$	Werth von $\frac{l'}{l}\left(1+2{,}303\log\frac{l}{l'}\right)$
0,10	0,230	0,60	0,906
0,20	0,522	0,70	0,950
0,30	0,661	0,80	0,979
0,40	0,767	0,90	0,995
0,50	0,847	1,00	1,000

Maß- und Gewichtsvergleichungen.

1 engl. Zoll = 2,5400 Centimeter; 1 engl. Fuß = 0,3047945 Meter.
1 engl. Quadratfuß = 0,09290 Quadratmeter.
1 engl. Kubikfuß = 0,028314 Kubikmeter.
1 engl. Pfund = 0,4534148 Kilogramm.

---

1 Preußischer Zoll = 0,2615 Meter; 1 Preuß. Fuß = 0,3139 Meter.
1 Meter = 3 Fuß 2 Zoll 2,8 Linien Preuß. Maß.
1 Preuß. Quadratfuß = 0,09850 Quadratmeter.
1 Quadratmeter = 10,152 Preuß. Quadratfuß.
1 Kubikfuß Preuß. = 0,030916 Kubikmeter.
1 Kubikmeter = 32,317 Preuß. Kubikfuß.
1 Preuß. Pfund = 0,46771 Kilogramm.
1 Kilogramm = 2,1381 Preuß. Pfund.

---

1 Wiener Fuß = 0,3161023 Meter.
1 Meter = 3,163533 Wiener Fuß.
1 Wiener Pfund = 0,560012 Kilogramm.
1 Kilogramm = 1,785676 Wiener Pfund.

---

1 Würtemberger Fuß = 0,286490 Meter.
1 Meter = 3,490520 Würtemberger Fuß.
1 Würtemberger Pfund = 0,467728 Kilogramm.
1 Kilogramm = 2,137995 Würtemberger Pfund.

---

1 Baierscher Fuß = 0,29186 Meter.
1 Meter = 3,4263 Baiersche Fuß.
1 Baiersches Pfund = 0,56 Kilogramm.
1 Kilogramm = 1,78571 Baiersche Pfund.